



**Universidad**  
Zaragoza



Escuela de  
Ingeniería y Arquitectura  
**Universidad Zaragoza**

# TRABAJO FIN DE GRADO

Cálculo de la huella ecológica de la ciudad de Zaragoza de los años 2017 y 2018; evaluación, interpretación y comparación de resultados.

Calculation of the ecological footprint of the city of Zaragoza in 2017 and 2018; evaluation, interpretation and comparison of the results.

Autor:

Elena Marcuello Van der Auwera

Director:

José María Agudo Valiente

Escuela de Ingeniería y Arquitectura

2020



## RESUMEN

El ser humano siempre ha necesitado explotar la naturaleza y sus recursos para mantener su estilo de vida, sin embargo, el desarrollo de nuestra especie requiere de una cantidad de recursos cada vez mayor, y se han superado a nivel global los límites de la resiliencia de la naturaleza. Dada la alarmante situación, ha de cuantificarse el impacto medioambiental humano en el planeta y la forma de disminuirlo. La huella ecológica es un indicador de sostenibilidad para este fin, ya que determina el área de tierra o agua bioproductivos utilizados para generar los recursos y absorber los residuos producidos por la población. Estos espacios bioproductivos son las tierras de cultivos, de pastos, de construcción, bosques, ecosistemas marinos, y tierras de la energía o tierras de bosque destinadas a la absorción de dióxido de carbono.

En este Trabajo de Fin de Grado se calcula la huella ecológica de la ciudad de Zaragoza para los años 2017 y 2018. El método de cálculo no ha sido generalizado, en este proyecto se utiliza una combinación del “método compuesto” y el “método basado en componentes”. La estimación se basa en los anteriores cálculos de la huella ecológica de Zaragoza, para conferirle comparabilidad, por tanto, la metodología y aproximaciones son las mismas. La huella ecológica consta de cinco componentes: alimentación, bienes de consumo, vivienda, servicios y movilidad y transporte. Cada una tiene una huella ecológica por tipo de tierra, la suma de todas ellas, dividida por la población, será la huella ecológica de la componente. Se calcula con productividades locales y mundiales, para obtener la huella a ambos niveles. Para saber si el modo de vida de la población es sostenible, se compara el resultado con la capacidad de carga, que es la capacidad de la naturaleza para producir los recursos y absorber emisiones de carbono.

Como resultado del cálculo, la huella ecológica en 2017 es de 4,97 ha/cap locales y 4,77 hag/cap globales, y en 2018 de 4,72 ha/cap locales y 4,26 hag/cap mundiales. La biocapacidad del planeta es de 1,7 hag/cap, por lo que el déficit ecológico es de 3,07 hectáreas por persona en 2017 y de 2,56 en 2018. Mediante el estudio histórico, se aprecia que en la huella de 2017 se produce un pico, lo cual se debe al elevado consumo de gas natural recogido en el boletín oficial para tal año, que presenta una errata y todavía no se encuentra actualizado. En 2018 se vuelve a la tendencia, y aumenta respecto a 2016 con la mejora de la situación económica, ya que la huella ecológica se relaciona con los indicadores socioeconómicos. Se aprecia para ambos años que los consumos no sufren un gran aumento, lo cual podría indicar que la sociedad comienza a tener mayor conciencia medioambiental. Sin embargo, el déficit ecológico es todavía muy alto, por lo que se debe no solo concienciar a la sociedad, sino que también han de proponerse medidas políticas estrictas a favor de una vida más ecológica.

# INDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	6
1.1. OBJETIVOS Y PROBLEMAS ABORDADOS	6
1.2. ANTECEDENTES	7
<b>2. LA HUELLA ECOLÓGICA</b>	8
2.1. CONCEPTO DE HUELLA ECOLÓGICA	8
2.2. LIMITACIONES Y CRÍTICAS	8
2.3. PRINCIPALES VENTAJAS DEL INDICADOR DE HUELLA ECOLÓGICA	9
2.4. HUELLA ECOLÓGICA Y SOSTENIBILIDAD	10
<b>3. METODOLOGÍA DE CÁLCULO</b>	12
<b>4. HUELLA ECOLÓGICA DE ZARAGOZA</b>	14
4.1. HUELLA ECOLÓGICA DE LA ALIMENTACIÓN	14
4.1.1. TIERRAS DE USO DIRECTO DE LA ALIMENTACIÓN	14
4.1.2. COMPONENTE ENERGÉTICA DE LA HUELLA DE LA ALIMENTACIÓN	16
4.2. HUELLA ECOLÓGICA DE LOS BIENES DE CONSUMO	16
4.2.1. TIERRAS DE USO DIRECTO DE LOS BIENES DE CONSUMO	17
4.2.2. COMPONENTE ENERGÉTICA DE LA HUELLA DE LOS BIENES DE CONSUMO	18
4.3. HUELLA ECOLÓGICA DE LA VIVIENDA Y SERVICIOS	19
4.3.1. TERRENO CONSTRUIDO PARA VIVIENDA Y SERVICIOS	19
4.3.2. COMPONENTE ENERGÉTICA DE LA HUELLA DE LA VIVIENDA Y SERVICIOS	20
4.4. HUELLA ECOLÓGICA DE LA MOVILIDAD Y EL TRANSPORTE	20
4.4.1. TERRENO CONSTRUIDO PARA MOVILIDAD Y TRANSPORTE	21
4.4.2. COMPONENTE ENERGÉTICA DE LA MOVILIDAD Y TRANSPORTE	21
<b>5. EVALUACIÓN, INTERPRETACIÓN Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS</b>	22
5.1. HUELLA ECOLÓGICA LOCAL Y GLOBAL DE LA CIUDAD DE ZARAGOZA	22
5.2. EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE ZARAGOZA	27
5.2.1. EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA HUELLA DE LA ALIMENTACIÓN	28
5.2.2. EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA HUELLA DE LOS BIENES DE CONSUMO	29
5.2.3. EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA HUELLA DE LA VIVIENDA Y LOS SERVICIOS	31
5.2.4. EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA HUELLA DE LA MOVILIDAD Y EL TRANSPORTE	32
5.2.5. EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE LA ENERGÍA	33
5.3. LA HUELLA ECOLÓGICA Y LOS INDICADORES SOCIOECONÓMICOS	35
5.4. LA HUELLA ECOLÓGICA Y LA CAPACIDAD DE CARGA	36
<b>6. CONCLUSIONES</b>	37

<b>LISTADO DE ACRÓNIMOS .....</b>	<b>38</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>39</b>

## **ANEXOS**

<b>ANEXO I. MATRIZ DE CÁLCULO PARA LA ALIMENTACIÓN .....</b>	<b>43</b>
<b>ANEXO II. MATRIZ DE CÁLCULO PARA LOS BIENES DE CONSUMO .....</b>	<b>45</b>
<b>ANEXO III. PRODUCTIVIDADES. MÉTODO DE CÁLCULO DE PRODUCTIVIDADES PARA DIFERENTES TIPOS DE TIERRA .....</b>	<b>47</b>
<b>ANEXO IV. MÉTODO DE CÁLCULO DEL CONSUMO ENERGÉTICO .....</b>	<b>54</b>
<b>ANEXO V. MÉTODOS DE CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA.....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXO VI. CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE LA ALIMENTACIÓN.....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXO VII. CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE LOS BIENES DE CONSUMO .....</b>	<b>69</b>
<b>ANEXO VIII. CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE LA VIVIENDA Y LOS SERVICIOS .....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXO IX. CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE LA MOVILIDAD Y EL TRANSPORTE.....</b>	<b>80</b>

# 1. INTRODUCCIÓN

El ser humano ha necesitado desde el inicio de los tiempos explotar la naturaleza y sus recursos para sustentar su modo de vida. Sin embargo, con el paso del tiempo el desarrollo de nuestra especie ha requerido de una cantidad de recursos cada vez mayor, y con la industria y el progreso tecnológico creciendo al ritmo actual, se ha alcanzado una situación en la que nuestra existencia se ha tornado en insostenible.

La capacidad de la naturaleza para regenerar los recursos consumidos por el ser humano ha tenido límites a lo largo de toda la historia, en el pasado, la contaminación y el gasto de recursos produjeron el deterioro de muchos hábitats a niveles locales. Pero ahora el consumo humano ha superado a nivel global los límites de la resiliencia de la naturaleza.

Son muchas las personas y organizaciones que advierten del problema generado, según la *World Wildlife Fund* (WWF), el ser humano consume en el presente una cantidad de recursos igual a 1,6 planetas. Además, estiman que, de seguir con esta tendencia, a final de 2020 se habrán consumido los recursos de 1,75 planetas, y al llegar a 2050 se podrían necesitar 2,5 veces los recursos de la Tierra para abastecer el consumo de la especie humana.

Dada la alarmante situación en que se encuentra el planeta, resulta de gran importancia conocer y cuantificar el impacto medioambiental que causa la humanidad en él y la forma de disminuirlo. La huella ecológica es un indicador de sostenibilidad utilizado para este fin. Se trata de la medida del impacto de las actividades humanas sobre la naturaleza, determinada por la superficie necesaria para producir los recursos y absorber las emisiones de dicha actividad.

El objetivo de su cálculo es relacionar y comparar nuestro modo de vida y demanda de recursos de los distintos ecosistemas, con la capacidad ecológica de la Tierra de regenerar estos recursos.

## 1.1. OBJETIVOS Y PROBLEMAS ABORDADOS

En este Trabajo de Fin de Grado se calcula el valor de la huella ecológica de la ciudad de Zaragoza para los años 2017 y 2018. La estimación se basará en los anteriores cálculos anuales de la huella ecológica de la ciudad de Zaragoza con objeto de conferirle al trabajo comparabilidad, por tanto, la metodología y aproximaciones aplicadas son las mismas que en los estudios de los años previos. De este modo, será posible estudiar la evolución respecto a años pasados, así como con posteriores estudios que se realicen, y analizar la tendencia que sigue la ciudad de Zaragoza, si se reduce el valor de este indicador y se avanza hacia un modelo de vida más sostenible.

## 1.2. ANTECEDENTES

El desarrollo sostenible se define, por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, como “*la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades*”. Se definió así en su informe *Nuestro futuro común*, publicado en 1987. Esta Comisión fue creada en por la Organización de Naciones unidas en la Asamblea General de 1984, y posteriormente celebró reuniones por todo el mundo con múltiples dirigentes, científicos y expertos hasta llegar a publicar dicho informe. El objetivo de este fue plantear el concepto de desarrollo sostenible como principal cimiento para el desarrollo económico y social.

La comunidad internacional se reunió en 1992 en Río de Janeiro, Brasil, con el fin de debatir los medios para llevar a cabo el desarrollo sostenible. Así, tuvo lugar la denominada *Cumbre de la Tierra* de Río, que tuvo como uno de sus fines la adopción de la *Agenda 21* por los líderes mundiales. Este documento incluía los planes de acción para lograr el desarrollo sostenible a nivel nacional e internacional, estudiando los vínculos entre la economía, el medio ambiente y la sociedad. Tras ello, las autoridades de todo el mundo crearon nuevas políticas en materia medioambiental para adecuarse a la declaración de la *Agenda 21*.

El Ayuntamiento de Zaragoza, el 24 de marzo del 2000, procedió a la implantación de un programa denominado *Agenda 21 Local*, dentro del que se englobaba la implantación de los Indicadores Comunes Europeos. El Indicador A2, *Contribución local al cambio climático global, Emisiones de CO2 y otros gases de efecto invernadero*, establecía como complemento el cálculo de la **huella ecológica**. Este cálculo permite determinar si la población de Zaragoza se encuentra dentro de los límites de sostenibilidad o si deben tomarse medidas para reducirlo. Los estudios realizados por el Ayuntamiento de Zaragoza sobre este indicador se recogen a continuación.

- a. Contribución al estudio de la huella ecológica de Zaragoza como Indicador de sostenibilidad. T. Artigas, 2004.
- b. Estudio de la huella ecológica de Zaragoza en 2007. Ayuntamiento de Zaragoza, 2009.
- c. Estudio de la huella ecológica de Zaragoza en 2009. A. Pascual, 2013.
- d. Aproximación de la huella ecológica de Zaragoza en 2013. N. Cantón, 2016.
- e. Estimación de la huella ecológica de Zaragoza en todas sus componentes, para los años 2010, 2011, 2012, 2014 y 2015 y análisis e interpretación de resultados. C. Larraga, 2018.
- f. Estimación de todas las componentes de la huella ecológica en Zaragoza, para los años 2005, 2006, 2008 y 2016 e interpretación de resultados. L. Somalo, 2019.

## 2. LA HUELLA ECOLÓGICA

### 2.1. CONCEPTO DE HUELLA ECOLÓGICA

El concepto de huella ecológica fue creado por Mathis Wackernagel y William Rees a principios de la década de 1990, como parte de la investigación de doctorado de Wackernagel en la Universidad de Columbia Británica. Se trata de un indicador del impacto ambiental en los ecosistemas del planeta. Este impacto es generado por la demanda humana de recursos existentes y el cálculo de su huella se relaciona con la capacidad ecológica de la Tierra de regenerar estos recursos. Representa el área de tierra o agua biológicamente productivos utilizados para generar los recursos necesarios y absorber los residuos producidos por la población de estudio determinada.

Estos espacios de tierra biológicamente productivos no engloban la superficie total del planeta, ya que este tiene muchas áreas que no son productivas, como es el caso de los casquetes polares o zonas desérticas. Por tanto, se habla de las superficies que comprenden tierras de **cultivos** para la producción de alimentos, tierras de **pastos** para alimento de animales, **bosques** para la obtención de maderas o papel, **ecosistemas marinos** de los que se obtienen productos pesqueros, terrenos destinados a la **construcción** y tierras denominadas de la **energía**, que se definen como tierras de bosque destinadas a la absorción de dióxido de carbono emitido como residuo de las actividades humanas.

Con los años, el concepto de huella ecológica se ha convertido en un término familiar para todo el mundo, llegando a asociar la expresión "huella" como un sinónimo del comportamiento humano y su impacto. Y este mismo es el objetivo de calcular la huella ecológica de los países, consiste en evaluar el impacto sobre el planeta de nuestra forma de vida, comparándolo con la biocapacidad de la naturaleza.

### 2.2. LIMITACIONES Y CRÍTICAS

Si bien el objetivo de su cálculo se ha mantenido igual desde principios de la década de 1990, la metodología ha evolucionado para mejorar la exactitud y precisión del cálculo, pero aún hay margen de mejora en la metodología. La organización *Global Footprint Network* recoge las principales críticas a este indicador que se muestran a continuación:

- a. No considera ningún residuo o desperdicio producido por el consumo de recursos salvo las emisiones de dióxido de carbono.



- b. No se tiene en cuenta información sobre degradación ecológica o la erosión del suelo provocadas por las actividades humanas, sino que se consideran prácticas sostenibles que no afectan a su productividad. Factores tales como la deforestación o el aumento de salinidad en el suelo por el riego, hacen que la biocapacidad real de esta tierra en el futuro sea diferente de la biocapacidad potencial considerada.
- c. El impacto en los espacios marinos es muy alto, las emisiones de CO<sub>2</sub> son absorbidas también por estos ecosistemas y no se tienen en cuenta. Además, la capacidad de regeneración de estos hábitats es difícil de estimar todavía.
- d. Tener una huella ecológica menor que la capacidad de carga global es una condición mínima necesaria para una sociedad sostenible, pero no es suficiente. Por ejemplo, respecto al consumo de recursos, incluso si la huella ecológica se encuentra dentro de los límites aceptables, una mala gestión aún puede conducir al agotamiento.

En la realización de este proyecto, además, el procedimiento de cálculo fue creado en 2004 y se ha seguido con él en los siguientes trabajos de la huella ecológica, debido a que no existe un método estandarizado a seguir.

### **2.3. PRINCIPALES VENTAJAS DEL INDICADOR DE HUELLA ECOLÓGICA**

Pese a las limitaciones actuales presentadas en el anterior punto, la huella ecológica es un indicador de sostenibilidad mundialmente aceptado cuyos puntos fuertes se reflejan a continuación.

- a. El cálculo se divide en componentes de manera simple, por lo que se puede obtener información de la huella general, o de la huella de recursos o ecosistemas específicos.
- b. El indicador tiene un alcance global y se puede aplicar a grandes o pequeñas escalas, y se puede calcular anualmente para verificar su evolución y estimar las consecuencias de los distintos modos de vida.
- c. Dado el objetivo climático, resulta necesario eliminar rápidamente el uso de combustibles fósiles y reducir el consumo innecesario, la única vía viable para el futuro es aprovechar la biocapacidad del planeta y su posibilidad de regenerar los recursos que consumimos, y la huella ecológica proporciona la información acerca de la biocapacidad existente.
- d. La huella ecológica llega a una amplia gama de audiencias, dando un valor simple y conciso que ayuda a la comprensión del impacto del estilo de vida de nuestra sociedad en el planeta, concienciando a un público más extenso.

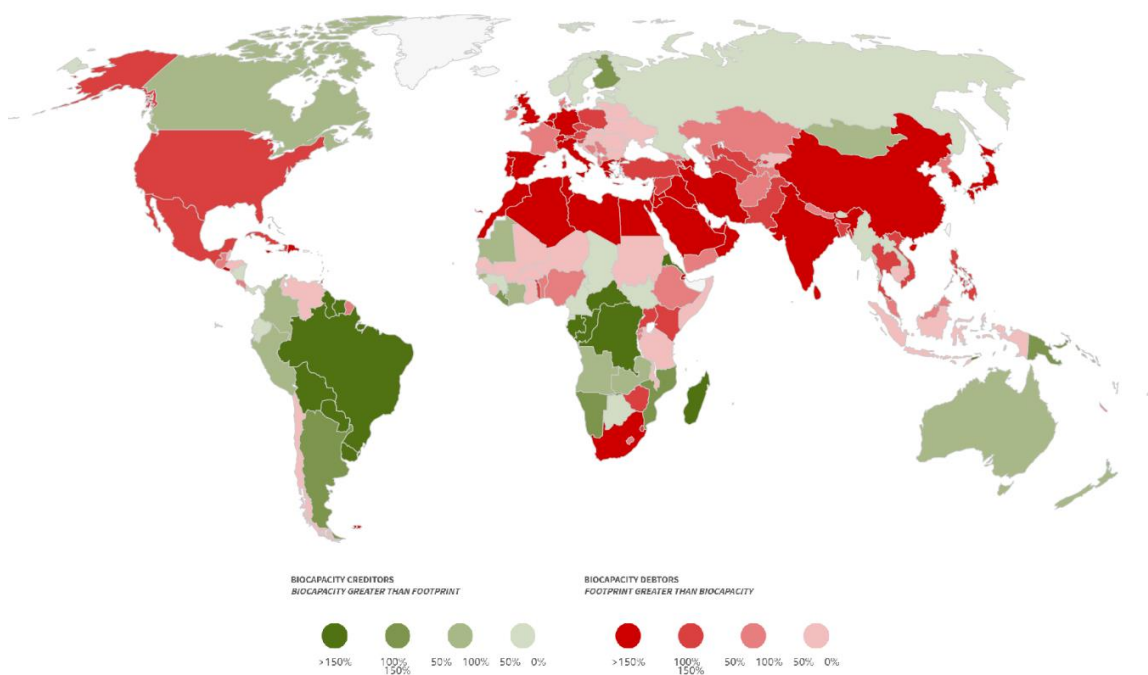
## 2.4. HUELLA ECOLÓGICA Y SOSTENIBILIDAD

Como se ha explicado, la huella ecológica es un indicador de sostenibilidad, es decir, muestra si en la población para la que se determina se aseguran las necesidades del presente sin comprometer a las generaciones futuras. Su valor se representa en hectáreas per cápita, que es la superficie de tierra por persona necesaria para sustentar su modo de vida, tanto a nivel de consumo como de residuos producidos.

Para saber si el modo de vida de la población de estudio es sostenible, no basta con calcular el valor de su huella ecológica, sino que será necesario compararlo con un valor denominado **capacidad de carga**. La capacidad de carga o biocapacidad se define como *“la capacidad de un ecosistema para producir materiales biológicos útiles y absorber emisiones de carbono”* (Global Footprint Network).

Si se sobrepasa este valor, la población está excediendo la capacidad del ecosistema de renovar los recursos que consume y absorber sus emisiones, y se tendrá lo que se denomina un **déficit ecológico**. Por el contrario, si en la zona de estudio la capacidad de carga es mayor que la huella ecológica de su población se denomina **superávit ecológico**, y significa que se está dentro de los límites y el consumo actual no pondrá en riesgo la supervivencia de las generaciones futuras.

FIGURA 2.1. Biocapacidad y huella ecológica del planeta. Fuente: Global Footprint Network.



En la imagen previa, Figura 2.1., se observa un mapa del mundo en el cual se reflejan en colores rojos los países que tienen una huella ecológica superior a la capacidad de carga, y en colores

verdes los que tienen una biocapacidad superior a la huella ecológica de su población. Puede observarse que, generalmente, los países más desarrollados y superpoblados tienen una huella ecológica mayor, llegando a superar algunos en un 150% la biocapacidad de sus ecosistemas. Puede parecer que las zonas con biocapacidad alta aún son muchas, por lo que quedarían recursos que explotar, sin embargo, la huella mundial supera ya a la capacidad de carga mundial, y las expectativas hacia el futuro no son mejores.

FIGURA 2.2. Huella ecológica y biocapacidad en Brasil. Fuente: Global Footprint Network

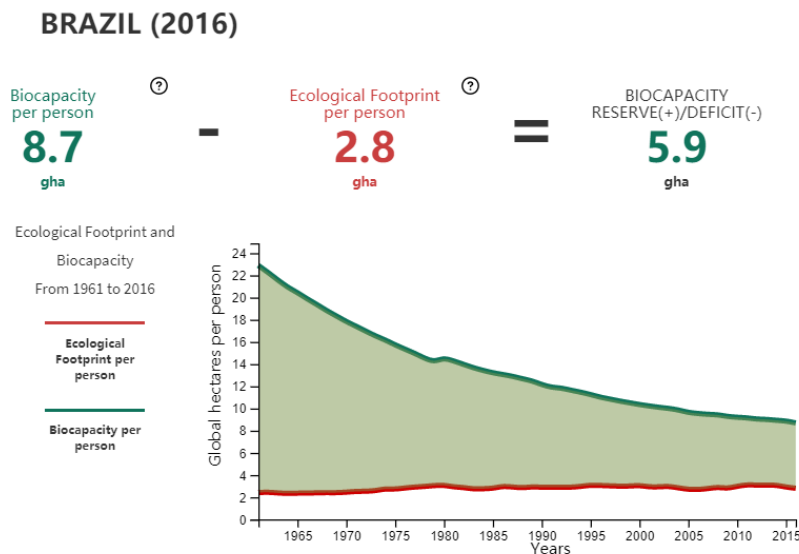
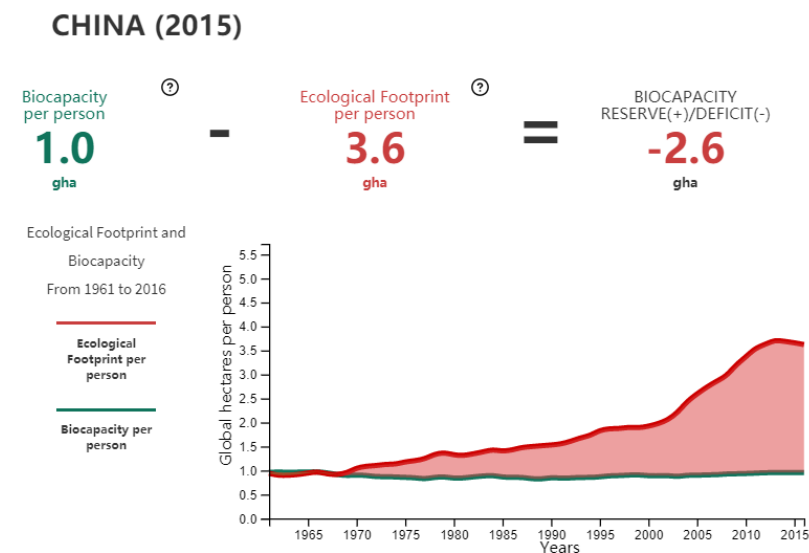


FIGURA 2.3. Huella ecológica y biocapacidad en China. Fuente: Global Footprint Network



En las figuras superiores, Figuras 2.2 y 2.3, se observa como los países con gran biocapacidad, como Brasil, la disminuyen de manera drástica con el transcurso del tiempo, mientras países con mayor huella ecológica como China la aumentan. Esto debe tomarse como una señal de alarma para el futuro, y crearse políticas a nivel mundial para la preservación del medio ambiente.

### 3. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

El método de cálculo de la huella ecológica no ha sido generalizado, sino que existen diversas corrientes para calcular este indicador, las más destacadas son el “método compuesto” y el “método basado en componentes”. Sin embargo, ambos métodos difieren en gran medida, puesto que el primer método se aplica en el cálculo de la huella ecológica extendida a países, mientras que el segundo se emplea en huellas ecológicas para poblaciones más reducidas. Con ello, las fuentes de datos y las estimaciones adoptadas para cada vertiente varían mucho y hacen incomparables ambos métodos. En este proyecto se ha decidido utilizar una combinación de ambos métodos, resultado de los previos trabajos acerca de la huella ecológica de la ciudad de Zaragoza, los métodos en los que se basa pueden encontrarse detallados en el *Anexo V. Métodos de cálculo de la huella ecológica*.

Previamente al cálculo de la huella, deben explicarse los conceptos básicos utilizados en esta metodología, y ciertos cálculos previos. En primer lugar, la huella ecológica consta de cinco componentes: alimentación, bienes de consumo, vivienda, servicios y movilidad y transporte; estas variables engloban a grandes rasgos las actividades de los ciudadanos de Zaragoza. El fin de los cálculos es determinar la superficie de tierra bioproductiva que es necesaria para satisfacer el consumo asociado a cada componente. Los tipos de tierra bioproductiva son los siguientes:

- a. Tierras de cultivos: son las tierras destinadas a la agricultura. Este concepto agrupa las superficies cultivadas, tanto cultivos anuales (cereales, hortalizas, legumbres, etc.) como permanentes (viñedos, olivares, etc.), así como ciertas tierras dedicadas a la producción para consumo animal.
- b. Tierras de pastos: son aquellas superficies de tierra cuyo fin es criar y alimentar ganado para su posterior obtención de carne, leche, pieles, etc. Agrupan prados, pastizales, eriales o barbechos.
- c. Tierras de bosque: este grupo se constituye por las áreas forestales utilizadas para la adquisición de leña, madera, papel, etc.
- d. Espacio bioproductivo marino: se trata de la superficie marina en la cual existe una producción biológica aprovechable para el consumo humano. No se ha tenido en consideración en el cálculo de la huella de este trabajo la producción en espacios de agua dulce.

- e. Terreno construido: hace referencia a las superficies de tierra utilizadas para la edificación de infraestructuras. Abarca las áreas destinadas a industria, a la vivienda, a los servicios, o al transporte.
- f. Tierras de la energía: son las superficies de bosque destinadas a la absorción de dióxido de carbono. El uso de combustibles fósiles para la obtención de la energía necesaria en los procesos de las actividades citadas (alimentación, transporte, servicios, etc.), genera unas emisiones de CO<sub>2</sub> que serán las que se contabilicen en la huella energética.

Cada una de las divisiones de la huella ecológica explotará y afectará a diferentes tipos de tierra, según los recursos de los que requiera. Se muestra a continuación una tabla resumen de los tipos de tierra bioproductiva asociados a las componentes por las que se ven influidos.

TABLA 3.1. Tipos de tierra asociados a cada actividad. Fuente: elaboración propia

	Cultivos	Pastos	Mar	Construido	Bosque	Energía
<b>Alimentación</b>	x	x	x			x
<b>Vivienda</b>				x		x
<b>Servicios</b>				x		
<b>Movilidad</b>				x		x
<b>Bienes de consumo</b>	x	x		x	x	x

Han de realizarse ciertas consideraciones previas: determinar los recursos más representativos consumidos por la población de estudio, recogidos en los anexos I y II (*Anexo I. Matriz de cálculo para la alimentación y Anexo II. Matriz de cálculo para los bienes de consumo*), así como realizar cálculos previos para determinar las productividades (*Anexo III. Productividades. Método de cálculo de productividades para diferentes tipos de tierra*) y los consumos energéticos (*Anexo IV. Método de cálculo del consumo energético*).

Una vez conocidos los datos y cuentas previas, se procede al cálculo. Para cada una de las componentes se calcularán dos huellas diferentes, una asociada al consumo de los recursos y otra para la componente energética, es decir, la huella de la energía necesaria en la producción, importación y exportación de los recursos. La huella se obtiene, en términos generales, como la división del consumo entre la productividad de la tierra correspondiente.

Cada componente, como se muestra en la Tabla 3.1, tendrá unos valores de huella ecológica para los distintos tipos de tierra (cultivos, pastos, mar, bosque y energía), la suma de todos ellos, dividida por la población de Zaragoza, será la huella ecológica de la componente, expresada en hectáreas per cápita. Se calculará tanto con productividades locales como mundiales, para obtener la huella a ambos niveles.

## **4. HUELLA ECOLÓGICA DE ZARAGOZA**

### **4.1. HUELLA ECOLÓGICA DE LA ALIMENTACIÓN**

El cálculo de la huella ecológica de la alimentación consiste en la determinación de la superficie de tierra bioproductiva que se necesita para la alimentación de la población de estudio. Los recursos consumidos en esta componente de la huella afectan a las tierras destinadas a cultivos, tierras destinadas a pastos, espacio bioproductivo marino y, dada la energía utilizada para procesar los alimentos, también se calculará la tierra de bosque necesaria para absorber las emisiones de dióxido de carbono emitidas en este proceso.

El terreno dedicado a infraestructuras para el procesamiento de los alimentos no se contabiliza en el cálculo de esta variable, pues se considera despreciable.

En los próximos puntos se detalla el proceso para la obtención de las tierras de uso directo de alimentación (cultivos, pastos y mar), así como su componente energética.

#### **4.1.1. TIERRAS DE USO DIRECTO DE LA ALIMENTACIÓN**

La alimentación del ser humano puede dividirse, a gran escala, en dos tipos: alimentación basada en plantas y alimentación basada en animales. Como punto de partida, es necesario determinar cuáles son los alimentos principales en el consumo de los habitantes de la ciudad de Zaragoza de cada uno de estos tipos.

En la componente de plantas clasificamos los alimentos en subgrupos: cereales, hortalizas, frutas, etc. Todos estos elementos generarán un impacto en la tierra de cultivos. Por su parte, en el grupo de animales consideraremos la carne y los productos cárnicos, que tendrán impacto tanto en tierra de cultivos como de pastos, y el pescado y marisco que afectarán al espacio bioproductivo marino.

Los alimentos considerados más representativos para los cálculos han sido escogidos de acuerdo con los trabajos anteriores sobre la huella ecológica de la ciudad de Zaragoza, ya que es la manera de conferir comparabilidad al estudio. La lista de estos puede encontrarse en el *Anexo I. Matriz de cálculo de la huella ecológica de la alimentación*.

La finalidad de los cálculos, como se ha mencionado, es la obtención de la superficie necesaria para abastecer el consumo de nuestra población, por ello, se necesitarán los datos de consumo de cada uno de los alimentos considerados. No hay constancia de los datos a nivel local, por lo que se deben obtener de otras fuentes, explicadas a continuación por orden de prioridad:

- a. Datos a nivel provincial: son los datos estadísticos recogidos por la plataforma logística agroalimentaria *Mercazaragoza*, en los informes anuales publicados en el apartado de transparencia.
- b. Datos a nivel autonómico: se encuentran recogidos en las estadísticas nacionales de *Consumo alimentario anual en los hogares españoles*, elaboradas por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España, en el panel de consumo alimenticio. Proporcionan el consumo per cápita en cada comunidad autónoma, por lo que si se carece del dato a nivel provincial este será el más adecuado.
- c. De no encontrarse el dato en ninguna de las plataformas mencionadas previamente, se calcula el consumo a través de la fórmula:

$$\text{Consumo} = \text{Producción} + \text{Importación} - \text{Exportación} \quad [\text{Ec. 4.1}]$$

La producción se obtiene, a nivel provincial, de las estadísticas agrícolas y ganaderas proporcionadas por el Gobierno de Aragón, recogidas anualmente en los documentos *Superficies, producciones y destinos de la producción agraria* y *Producciones ganaderas*. De no encontrarse algún dato en estos documentos, puede recurrirse a las estadísticas de *Superficies y producciones anuales de cultivos*, del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España, donde también se encuentran recogidos los datos de producciones anuales por provincias de los distintos alimentos.

Los datos de importación y exportación también se recogen en términos provinciales y son proporcionados por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo de España a través de la plataforma DataComex, la cual recoge las estadísticas del comercio exterior.

Para el cálculo final de la huella ecológica, se requiere de los datos de productividad de todos los alimentos considerados. Estos datos de productividad deben recogerse a nivel local y a nivel mundial para poder calcular la huella ecológica a ambos niveles.

Las productividades a nivel provincial se considerarán válidas como aproximación de los datos locales, ya que se carece de información para el municipio de Zaragoza, sin embargo, se dispone de todos los datos a nivel provincial en las estadísticas agrícolas proporcionadas por el Gobierno de Aragón, recogidas anualmente en el documento *Superficies, producciones y destinos de la producción agraria*.

Las productividades a nivel mundial se obtienen de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Cuando no se disponga de un dato a nivel provincial, se aproximará su valor al global.

Hay productividades que deben ser calculadas específicamente para su componente por la indisponibilidad del dato, estas se explican en el *Anexo III. Productividades. Método de cálculo de productividades para diferentes tipos de tierra*.

La huella ecológica de la alimentación para cada tipo de tierra será la suma de los consumos de los recursos que afecten a esa tierra, divididos entre sus productividades, locales o mundiales según la huella a calcular, y entre la población de Zaragoza.

#### **4.1.2. COMPONENTE ENERGÉTICA DE LA HUELLA DE LA ALIMENTACIÓN**

El cálculo de la huella ecológica de la energía hace referencia a la superficie de bosque que sería necesaria para absorber las emisiones de dióxido de carbono procedentes de la alimentación. El consumo energético considerado para la alimentación es el mismo que el asociado a la agricultura, además, no se ha contabilizado el consumo derivado de las industrias alimenticias.

Para calcular la componente energética es preciso conocer el consumo de la agricultura de cada una de las fuentes de energía primaria, cuyos datos se encuentran en los *Boletines de coyuntura energética en Aragón*, proporcionados por el gobierno autonómico. El cálculo detallado de los diferentes consumos energéticos se encuentra en el *Anexo IV. Método de cálculo del consumo energético*.

También es necesario el dato de la energía neta asociada a las importaciones, el cual es el resultado de multiplicar los flujos de importación de los alimentos por su energía asociada, estos valores de energía asociada (GJ) se han mantenido durante los respectivos trabajos sobre la huella ecológica de Zaragoza, tomados en inicio del Proyecto de fin de Carrera de Teresa Artigas, 2004. Se pueden encontrar en el *Anexo I. Matriz de cálculo de la huella ecológica de la alimentación*.

Una vez se tienen los datos de energía, para obtener los datos a nivel municipal se multiplican por la superficie agrícola del municipio y se dividen por la de la provincia. Después, se dividen entre su factor energía-tierra correspondiente y entre la población de Zaragoza. Por último, se suman para obtener el valor de la huella energética total.

El cálculo detallado, su metodología y los resultados se recogen en el *Anexo VI. Cálculo de la huella ecológica de la alimentación*.

#### **4.2. HUELLA ECOLÓGICA DE LOS BIENES DE CONSUMO**

Los bienes de consumo son las mercancías finales en los procesos de producción. Es decir, son los productos que satisfacen las necesidades de las personas de manera directa.



Al igual que en el apartado de alimentación, las variables consideradas de mayor importancia para el consumo de la ciudad de Zaragoza se han determinado respecto a los anteriores trabajos de huella ecológica para el municipio, con el fin de conferir comparabilidad histórica a los resultados que se obtengan. La lista de estas puede encontrarse en el *Anexo II. Matriz de cálculo de la huella ecológica de los bienes de consumo*.

En esta componente de la huella sí se contabiliza la superficie ocupada por las infraestructuras industriales de las que hace uso. Se ha estimado, de acuerdo con los anteriores proyectos realizados, que la aproximación adecuada para esta magnitud sea la de la superficie industrial de la ciudad. Este dato es proporcionado por el Instituto Aragonés de Fomento (IAF).

Por tanto, el cálculo de la huella ecológica de los bienes de consumo englobará la superficie de tierra bioproductiva que se necesita para la producción de recursos para abastecer a la población de estudio, así como la huella de la superficie industrial, que tendrá influencia sobre las tierras de terreno construido, y la huella de la componente de energía, es decir, la tierra de bosque necesaria para absorber las emisiones de dióxido de carbono emitidas en este proceso.

#### **4.2.1. TIERRAS DE USO DIRECTO DE LOS BIENES DE CONSUMO**

Dentro de esta categoría se recogen variados elementos divididos en dos grandes grupos. En primer lugar, se consideran los bienes que requieren de tierras bioproductivas para su producción, estos engloban explotaciones que derivan de las plantas: fibras vegetales que tienen impacto en tierras de cultivo o madera que tiene impacto en los bosques, por ejemplo; y también los bienes derivados de animales: lana o pieles que afectan a la huella de los pastos, entre otros. El segundo grupo lo conforman aquellos bienes que no necesitan tierras bioproductivas, el cual abarca productos de las industrias químicas, materias plásticas y caucho, productos metálicos, etc.

Para la obtención de la superficie necesaria, lo cual es el cálculo final, se requiere de los datos de consumo y productividad de los bienes considerados. En este caso, es notable la escasez de datos para la localidad de Zaragoza o incluso la provincia. A continuación, se detallan las fuentes de los consumos determinados.

- a. El consumo de tabaco se obtiene de las estadísticas que proporciona el Comisionado para el Mercado de Tabacos (CMT). Este suministra los datos de unidades de cigarrillos, cigarros y picaduras vendidas anualmente por provincias, y conocido su peso medio, puede determinarse el consumo en toneladas.

- b. Los consumos de madera y papel se recogen en las estadísticas del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- c. Los demás consumos se han determinado mediante la fórmula:

$$\text{Consumo} = \text{Producción} + \text{Importación} - \text{Exportación} \quad [\text{Ec. 4.1}]$$

La producción se obtiene, a nivel provincial, de las estadísticas agrícolas y ganaderas proporcionadas por el Gobierno de Aragón, recogidas anualmente en los documentos *Superficies, producciones y destinos de la producción agraria y Producciones ganaderas*. También encontramos algunas en la Estadística Anual de Cortas de Madera, del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España. Los datos de importación y exportación son proporcionados por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo de España a través de la plataforma DataComex, la cual recoge las estadísticas del comercio exterior.

Para el cálculo último de la huella ecológica, se requiere de los datos de productividad de todos los alimentos considerados, que deben recogerse a nivel local y a nivel mundial.

Las productividades a nivel mundial se obtienen de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). En este caso, los rendimientos a nivel local no se encuentran de manera sencilla como en el caso de la alimentación. Por tanto, se aplica la aproximación de que cuando no se dispone de dato a nivel provincial, se tomará su valor al global.

Las productividades de las maderas, por su parte, han sido consideradas iguales a las utilizadas en los trabajos previos realizados.

Hay productividades que deben ser calculadas específicamente para su componente por la indisponibilidad del dato, estas se explican en el *Anexo III. Productividades. Método de cálculo de productividades para diferentes tipos de tierra*.

#### **4.2.2. COMPONENTE ENERGÉTICA DE LA HUELLA DE LOS BIENES DE CONSUMO**

El resultado del cálculo de la huella ecológica de la energía es la superficie de bosque necesaria para absorber las emisiones de dióxido de carbono procedentes de su elaboración. El consumo energético considerado para los bienes de consumo es el asociado a la industria, además, se contabiliza la huella derivada de las infraestructuras industriales.

Para calcular la huella ecológica energética se debe conocer el consumo de la industria de las fuentes de energía primaria, cuyos datos se encuentran en los *Boletines de coyuntura energética en Aragón*. La explicación del cálculo de los consumos energéticos se encuentra en el *Anexo IV*.

*Método de cálculo del consumo energético.* Las cifras obtenidas tienen magnitud de toneladas equivalentes de petróleo, por lo que se multiplican por el factor de conversión: 41,87 GJ/tep.

Asimismo, se debe calcular la energía asociada a las importaciones y exportaciones, lo que se consigue multiplicando los flujos de importación de los bienes por su energía asociada, estos valores de energía asociada (GJ) se han mantenido durante los trabajos sobre la huella ecológica de Zaragoza, tomados en inicio del Proyecto de fin de Carrera de Teresa Artigas, 2004. Se pueden encontrar en el *Anexo II. Matriz de cálculo de la huella ecológica de los bienes de consumo.*

Una vez se tienen los datos de energía, para obtener el dato a nivel municipal se multiplican por la superficie industrial del municipio y se divide por la de la provincia. Después, se dividen entre su factor energía-tierra correspondiente y entre la población de Zaragoza. Por último, se suman para obtener el valor de la huella energética total.

El cálculo detallado, su metodología y los resultados se recogen en el *Anexo VII. Cálculo de la huella ecológica de los bienes de consumo.*

### **4.3. HUELLA ECOLÓGICA DE LA VIVIENDA Y SERVICIOS**

El cálculo de la huella ecológica de la componente de vivienda y servicios consiste en la determinación de la superficie de tierra que se necesita para la construcción de las infraestructuras utilizadas en estos ámbitos por la población de estudio, es decir, afectan solo a las tierras de terreno construido. En esta componente no se hace uso de tierras destinadas a cultivos, tierras destinadas a pastos, espacio bioproductivo marino o tierra de bosques. Como ocurre en las anteriores variables calculadas, dada la energía utilizada para el abastecimiento, también se calculará la huella energética, que será la tierra de bosque necesaria para absorber las emisiones de dióxido de carbono emitidas en esta actividad.

En los próximos puntos se detalla el proceso para la obtención de las hectáreas de terreno utilizadas para vivienda y servicios, así como su componente energética.

#### **4.3.1. TERRENO CONSTRUIDO PARA VIVIENDA Y SERVICIOS**

El terreno construido para el uso de viviendas se obtuvo en los trabajos de huella ecológica pasados de diversas fuentes: el *Observatorio Municipal de Estadística*, el *Plan General de Ordenación Urbana de Zaragoza* (PGOUZ), o el Instituto Aragonés de Fomento (IAF). Sin embargo, no se pudieron obtener en ellas los datos para los años 2017 y 2018. El dato exacto de hectáreas de vivienda construidas en 2017 en Zaragoza se encontró en este caso recogido en el documento *Construcción de edificios 2013-2017. Datos recogidos de las licencias de obra*

*concedidas por los ayuntamientos*, el cual lo proporciona el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana de España (MITMA). El área total de nueva vivienda en 2017 fue de 40,9 ha.

Conocido el dato de hectáreas de vivienda existentes en 2016, que se recoge en el trabajo de huella ecológica de tal año, se tiene el área total de vivienda en 2017. Por su parte, el dato de 2018 no fue encontrado y se estimó que el crecimiento sería el mismo que para el año anterior.

En segundo lugar, debemos determinar la superficie dedicada a los servicios en la ciudad de Zaragoza, la componente denominada servicios engloba las zonas verdes, los equipamientos deportivos, las escuelas, los lugares de culto, etc. Estos datos se recogen en el *Plan General de Ordenación Urbana de Zaragoza* (PGOUZ), cuya última modificación se realizó en el año 2007, por lo que los datos se han mantenido constantes en todos los proyectos desde esa fecha. Por este motivo, las hectáreas utilizadas para servicios en ambos años de estudio son las mismas.

#### **4.3.3. COMPONENTE ENERGÉTICA DE LA HUELLA DE LA VIVIENDA Y SERVICIOS**

El cálculo de la huella ecológica de la energía ofrece la cifra de la superficie de bosque que sería necesaria para absorber las emisiones de dióxido de carbono procedentes de la vivienda y servicios. El consumo energético considerado para la vivienda y servicios es el proporcionado para el conjunto residencial, comercial y de servicios, cuyos datos se encuentran en los *Boletines de coyuntura energética en Aragón*, proporcionados por el gobierno autonómico. El cálculo detallado de los diferentes consumos energéticos se encuentra en el *Anexo IV. Método de cálculo del consumo energético*.

En este caso no existe el dato de la energía neta asociada al flujo de importaciones.

Se estima que el 90% de los consumos de la provincia se producen en el municipio de Zaragoza, por lo que, para obtener el dato a nivel municipal se multiplican los valores de energía por ese factor. Después, se dividen entre su factor energía-tierra correspondiente y entre la población de Zaragoza. Por último, se suman para obtener el valor de la huella energética total.

El cálculo detallado, su metodología y los resultados se recogen en el *Anexo VIII. Cálculo de la huella ecológica de la vivienda y los servicios*.

#### **4.4. HUELLA ECOLÓGICA DE LA MOVILIDAD Y EL TRANSPORTE**

El cálculo de la huella ecológica de la componente de movilidad y transporte determina la superficie de tierra que se necesita en los recursos, instalaciones y superficies utilizados por la población de estudio para sus traslados, por tanto, afectan solo a las tierras de terreno construido. Además, se utiliza energía para el abastecimiento, por lo que también se calcula la

huella energética, es decir, la tierra de bosque necesaria para absorber las emisiones de dióxido de carbono emitidas en este proceso.

Se detalla en los siguientes apartados la obtención de las hectáreas de terreno utilizadas para movilidad y transporte, así como su componente energética.

#### **4.4.1. TERRENO CONSTRUIDO PARA MOVILIDAD Y TRANSPORTE**

En esta sección se recogen dos grupos de los cuales se debe determinar su superficie, por un lado, existen las infraestructuras destinadas a terminales de transporte, y por otro las vías de comunicación.

En el primer caso, las instalaciones tenidas en cuenta han sido las estaciones de autobuses y trenes, el aeropuerto y otras construcciones. Los datos se obtienen del *Plan General de Ordenación Urbana de Zaragoza* (PGOUZ) del año 2007, por lo que su valor ha permanecido constante desde los anteriores trabajos de cálculo de la huella desde tal año.

En segundo lugar, las vías de comunicación consideradas son las calzadas, los carriles bus, las aceras, las vías del tranvía y los carriles bici. Las calzadas y aceras se consideran un 1,5% del término municipal, cuya superficie se ha determinado con datos de la Diputación de Zaragoza. Los kilómetros de vía del tranvía, del carril bici y del carril bus se obtienen gracias al Ayuntamiento de Zaragoza.

#### **4.4.2. COMPONENTE ENERGÉTICA DE LA MOVILIDAD Y TRANSPORTE**

El consumo energético considerado para la movilidad y el transporte es el proporcionado para el conjunto del mismo, sin embargo, no contabiliza el consumo generado en las infraestructuras construidas para estos fines. Los datos se encuentran en los *Boletines de coyuntura energética en Aragón*, proporcionados por el gobierno autonómico, el cálculo a realizar con estos se recoge en el *Anexo IV. Método de cálculo del consumo energético*. En este caso no existe el dato de la energía neta asociada al flujo de importaciones.

Se estima que el 90% del combustible consumido en la provincia es consumido en el municipio de Zaragoza, por lo que, para obtener el dato a nivel municipal se multiplican los valores de energía por ese factor. Después, se dividen entre su factor energía-tierra correspondiente y entre la población de Zaragoza. Por último, se suman para obtener el valor de la huella energética total.

El cálculo detallado, su metodología y los resultados se recogen en el *Anexo IX. Cálculo de la huella ecológica de la movilidad y el transporte*.

## 5. EVALUACIÓN, INTERPRETACIÓN Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados individuales de las huellas ecológicas de cada una de las componentes (alimentación, bienes de consumo, vivienda y servicios, transporte y movilidad) se recogen en los *Anexos VI, VII, VIII y IX*, en los que se explican los cálculos específicos para cada una de ellas. En este apartado se van a comentar los resultados obtenidos, así como la evolución, de la huella ecológica total y por componentes a través del tiempo. Se compararán las cifras calculadas con los resultados aportados por Cristina Larraga en su TFG (2018) para los años 2014, 2015 y por Lara Somalo en su TFG (2019) para el año 2016, para poder estudiar la tendencia de este indicador. Se determinará si la ciudad de Zaragoza está dentro de los límites de sostenibilidad o si, por el contrario, presenta un déficit ecológico.

### 5.1. HUELLA ECOLÓGICA LOCAL Y GLOBAL DE LA CIUDAD DE ZARAGOZA

En primer lugar, se van a comentar los resultados obtenidos para la huella ecológica a nivel local y global para el municipio de Zaragoza. La huella local se calcula con productividades locales, por lo que muestra la superficie de tierra real que la población de estudio utiliza para sustentar su modo de vida, el dato obtenido se da en hectáreas per cápita para el año de estudio. La huella global, en cambio, se calcula con productividades medias mundiales, y representa la superficie media mundial que necesita la población de Zaragoza para abastecer su consumo y absorber sus residuos, el dato también se obtiene en hectáreas per cápita.

A continuación, se recogen en unas tablas resumen los valores obtenidos para cada componente, así como los totales, para cada año de estudio. Primero se muestran tablas con los datos calculados con productividades locales, y tras ellas, con productividades mundiales. Después se representan en un gráfico los valores totales para la huella local y mundial por años de estudio.

TABLA 5.1. Resultados de la huella ecológica local por componentes y total en 2017. Fuente: elaboración propia

2017	Cultivos	Pastos	Mar	Construido	Bosque	Energía	TOTAL
<b>Alimentación</b>	0,4672	1,2371	1,0535	-	-	0,0137	<b>2,7715</b>
<b>Vivienda</b>	-	-	-	0,0068	-	0,4261	<b>0,4328</b>
<b>Servicios</b>	-	-	-	0,0085	-	-	<b>0,0085</b>
<b>Movilidad</b>	-	-	-	0,0039	-	0,6459	<b>0,6498</b>
<b>Bienes de consumo</b>	0,0448	0,2418	-	0,0050	0,3743	0,4440	<b>1,1099</b>
<b>TOTAL</b>	<b>0,5120</b>	<b>1,4789</b>	<b>1,0535</b>	<b>0,0241</b>	<b>0,3743</b>	<b>1,5297</b>	<b>4,9725</b>

TABLA 5.2. Resultados de la huella ecológica local por componentes y total en 2018. Fuente: elaboración propia

2018	Cultivos	Pastos	Mar	Construido	Bosque	Energía	TOTAL
<b>Alimentación</b>	0,4484	1,1847	1,3001	-	-	0,1200	<b>3,0532</b>
<b>Vivienda</b>	-	-	-	0,0069	-	0,1922	<b>0,1991</b>
<b>Servicios</b>	-	-	-	0,0085	-	-	<b>0,0085</b>
<b>Movilidad</b>	-	-	-	0,0039	-	0,5963	<b>0,6002</b>
<b>Bienes de consumo</b>	0,0333	0,2591	-	0,0062	0,3852	0,1841	<b>0,8680</b>
<b>TOTAL</b>	<b>0,4818</b>	<b>1,4438</b>	<b>1,3001</b>	<b>0,0254</b>	<b>0,3852</b>	<b>1,0925</b>	<b>4,7289</b>

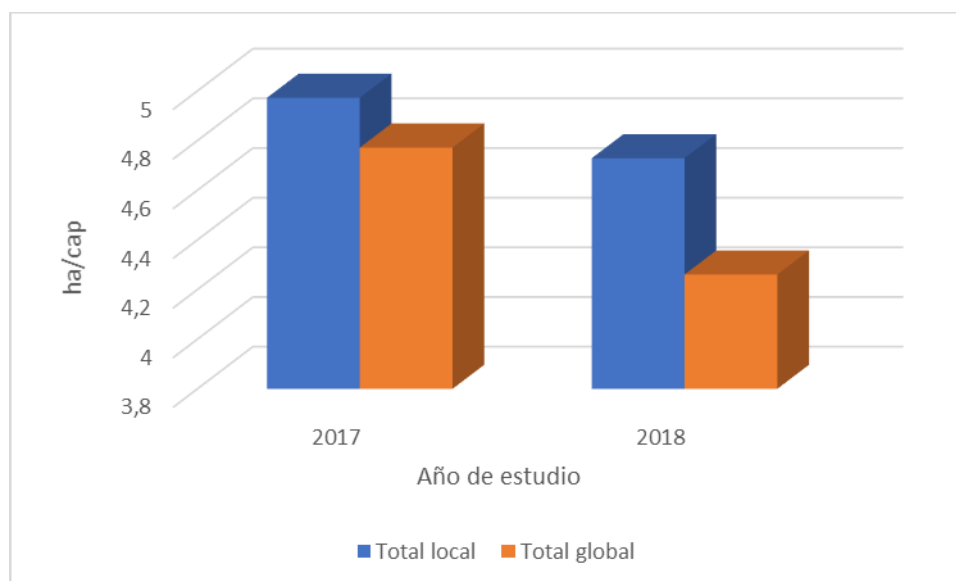
TABLA 5.3. Resultados de la huella ecológica global por componentes y total en 2017. Fuente: elaboración propia

2017	Cultivos	Pastos	Mar	Construido	Bosque	Energía	TOTAL
<b>Alimentación</b>	0,9538	0,5614	0,3793	-	-	0,0188	<b>1,9132</b>
<b>Vivienda</b>	-	-	-	0,0147	-	0,5837	<b>0,5985</b>
<b>Servicios</b>	-	-	-	0,0185	-	-	<b>0,0185</b>
<b>Movilidad</b>	-	-	-	0,0085	-	0,8849	<b>0,8933</b>
<b>Bienes de consumo</b>	0,0977	0,1185	-	0,0109	0,5128	0,6083	<b>1,3481</b>
<b>TOTAL</b>	<b>1,0515</b>	<b>0,6799</b>	<b>0,3793</b>	<b>0,0526</b>	<b>0,5128</b>	<b>2,0957</b>	<b>4,7717</b>

TABLA 5.4. Resultados de la huella ecológica global por componentes y total en 2018. Fuente: elaboración propia

2018	Cultivos	Pastos	Mar	Construido	Bosque	Energía	TOTAL
<b>Alimentación</b>	0,9813	0,5312	0,4680	-	-	0,1644	<b>2,1449</b>
<b>Vivienda</b>	-	-	-	0,0151	-	0,2633	<b>0,2783</b>
<b>Servicios</b>	-	-	-	0,0184	-	-	<b>0,0184</b>
<b>Movilidad</b>	-	-	-	0,0085	-	0,8169	<b>0,8254</b>
<b>Bienes de consumo</b>	0,0727	0,1270	-	0,0135	0,5278	0,2522	<b>0,9931</b>
<b>TOTAL</b>	<b>1,0540</b>	<b>0,6582</b>	<b>0,4680</b>	<b>0,0554</b>	<b>0,5278</b>	<b>1,4968</b>	<b>4,2602</b>

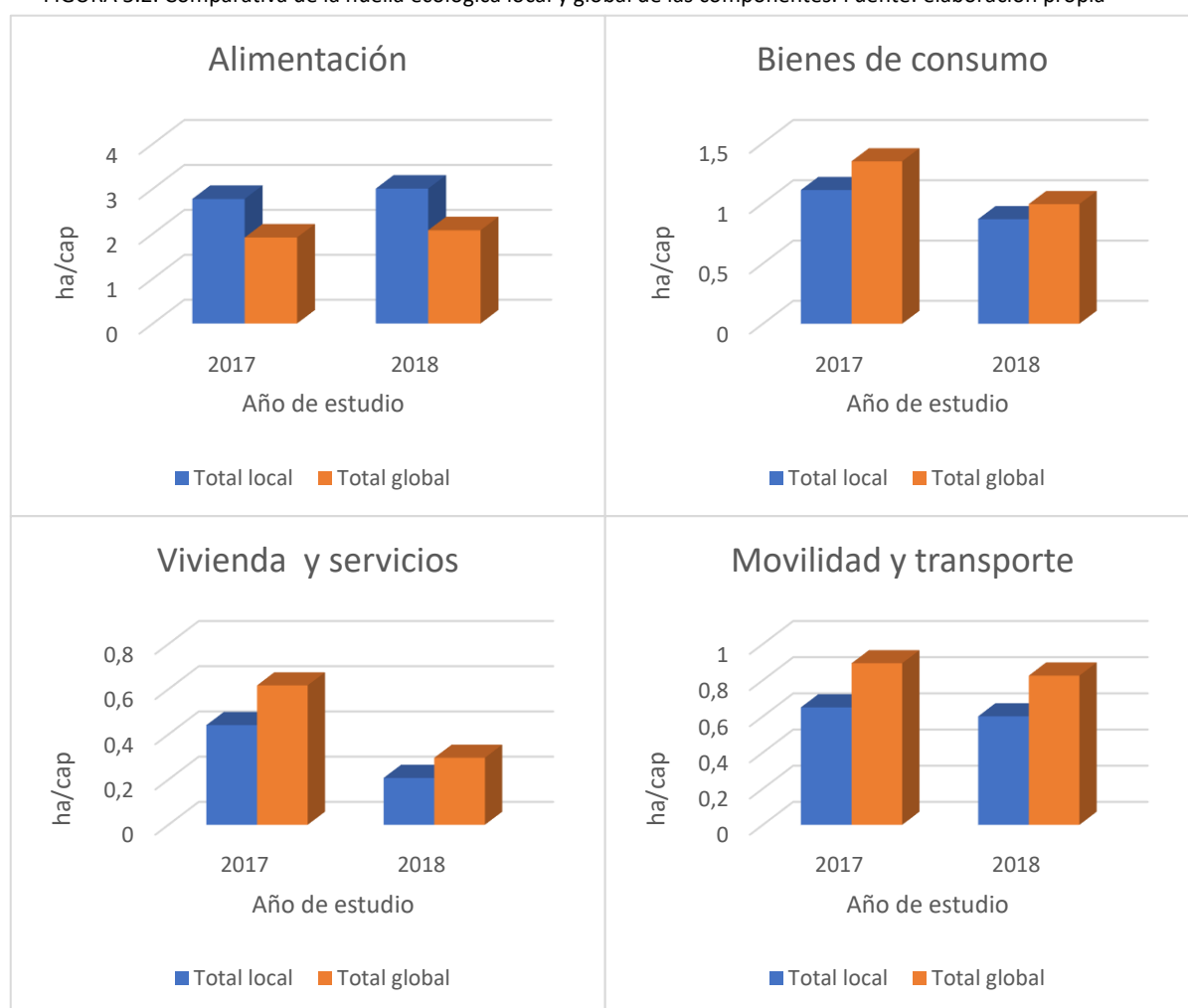
FIGURA 5.1. Comparativa de la huella ecológica local y global de Zaragoza. Fuente: elaboración propia



La huella ecológica calculada a nivel local nos da un valor de 4,9725 ha/cap en 2017 y de 4,7289 ha/cap en 2018, lo cual quiere decir que cada habitante de Zaragoza necesitó en esos años más de 4,75 hectáreas de tierras bioproductivas locales para su abastecimiento y absorber sus residuos. La huella mundial, por su parte, nos da unos valores de 4,7717 ha/cap en 2017 y 4,2602 ha/cap en 2018, que es la superficie media mundial que requirieron los zaragozanos para sustentar su modo de vida en estos años.

Observando el gráfico previo, puede verse que la huella ecológica de Zaragoza calculada con productividades locales es para ambos años mayor que la calculada con productividades mundiales. La primera reflexión para explicar este hecho sería asumir que, dado que la huella ecológica se calcula como consumo entre productividad, las tierras de Zaragoza son menos bioproductivas que la media mundial. Pero, si observamos los datos en las tablas, descubrimos que esto solo sucede para los datos de la huella de la alimentación. Es por ello que se debe estudiar independientemente cada componente de la huella ecológica, para poder dar una interpretación más correcta de los resultados.

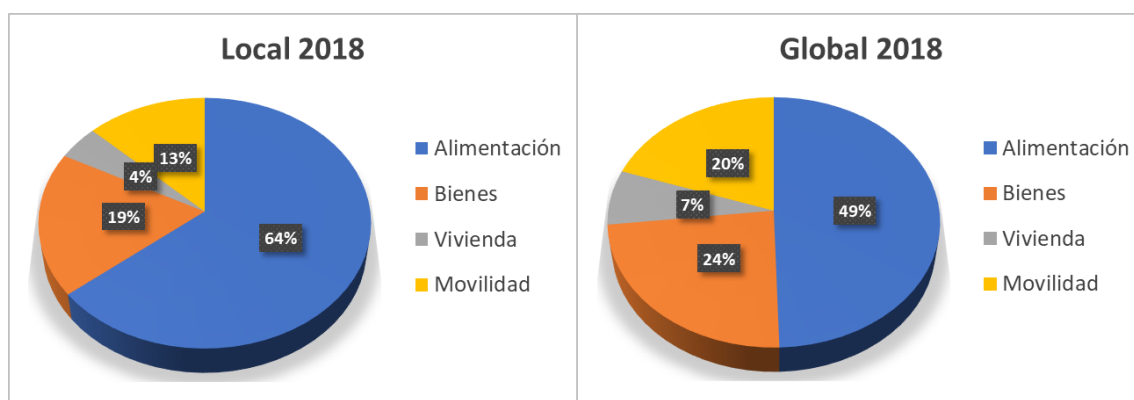
FIGURA 5.2. Comparativa de la huella ecológica local y global de las componentes. Fuente: elaboración propia





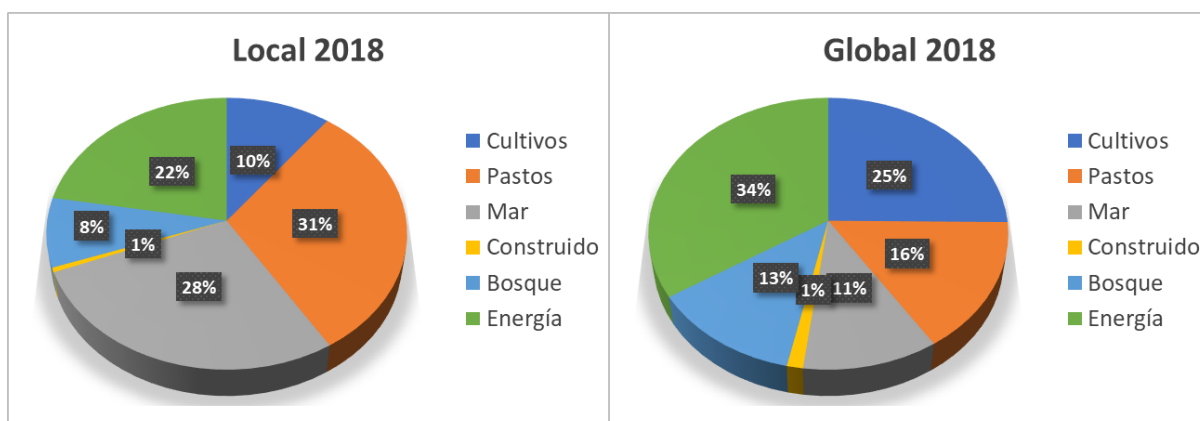
Como se puede observar en los gráficos anteriores, solo la huella de la alimentación con productividades locales es superior a la huella de la alimentación con productividades mundiales. Las huellas locales de bienes de consumo, vivienda y servicios, y movilidad y transporte son inferiores a las mundiales para ambos años. Sin embargo, la comparativa de la huella ecológica total da un valor superior a nivel local que global debida a la gran influencia de la alimentación en el cómputo total. Se añaden a continuación unos gráficos que muestran los porcentajes de influencia de cada una de las componentes para apreciarlo mejor.

FIGURA 5.3. Porcentajes de las componentes de la huella ecológica local y global. Fuente: elaboración propia



Para el ejemplo anterior de 2018, más del 60% en la huella local y casi el 50% en la huella global provienen de la alimentación, por lo que es la componente más influyente en la huella total. Las tierras de las cuales hace uso la alimentación son tierras de cultivos, pastos, mar y energía. Dentro de la huella de esta componente, en las Tablas 5.1 y 5.2 puede verse que las tierras de pastos y las de espacio marino bioproductivo son las que tienen valores de huella local más elevados. Siguiendo con el ejemplo de 2018, estos valores son de 1,1847 ha/cap y 1,3001 ha/cap, respectivamente, y hacen que la huella local de la alimentación sea tan alta. Sin embargo, a la hora de calcular la huella a nivel mundial, los datos que se obtengan deben ser multiplicados por los factores de equivalencia (Tabla A3.1, Anexo III) para homogeneizar los distintos tipos de terreno, en tal caso, los cultivos se multiplican por un factor de 2,18 mientras los pastos y el espacio marítimo se multiplican por 0,46 y 0,39, esto reduce a menos de la mitad su influencia en el valor de la huella y por tanto la huella total de la alimentación baja a nivel mundial. En los siguientes gráficos puede apreciarse cuan importantes son cada tipo de terreno en las huellas local y global en 2018 para ejemplificarlo mejor.

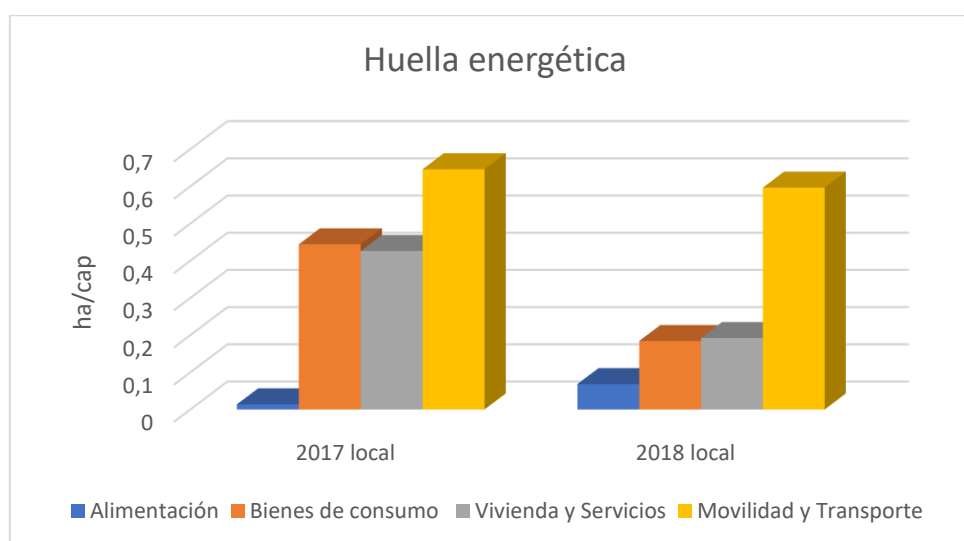
FIGURA 5.4. Porcentajes de los tipos de tierra en la huella ecológica local y global. Fuente: elaboración propia



Puede apreciarse en la imagen superior la gran importancia del mar (28%) y de los pastos (31%) en la huella local, frente a su baja significancia en la global (11% y 16%).

Por último, cabe destacar la alta contribución de la energía a la huella, debido a que todas las componentes necesitan de este tipo de tierra, es decir, de bosques para absorber el CO<sub>2</sub> emitido en las diferentes actividades humanas. Se muestra a continuación un gráfico con la huella energética por componentes y años.

FIGURA 5.5. Huella energética local por componentes. Fuente: elaboración propia



Se ha presentado la huella energética local como ejemplo visual, pero la huella energética global tiene las mismas proporciones, aunque sus valores se encuentren multiplicados por el factor de equivalencia, por lo que no se considera necesario mostrar ambas. La huella energética mayor es para la componente de movilidad y transporte, pese a que es la industria (asociada a los bienes de consumo) la que más energía requiere. Sin embargo, esta ve su huella ecológica de la energía afectada también por las exportaciones e importaciones, lo que puede reducir su valor, al igual que le sucede a la alimentación, que presenta valores muy bajos.

## 5.2. EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE ZARAGOZA

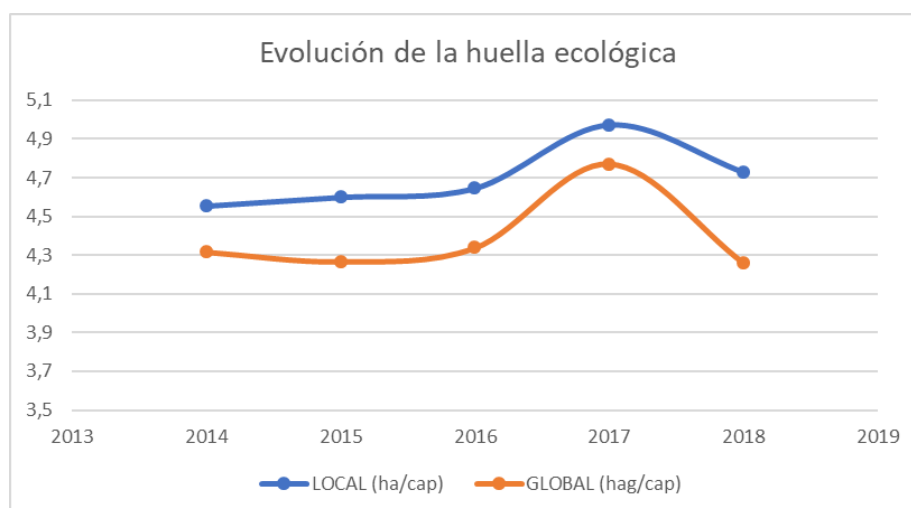
En este Trabajo de Fin de Grado, la huella ecológica de la ciudad de Zaragoza ha sido calculada para los años 2017 y 2018, sin embargo, dos años no son suficientes para evaluar la evolución temporal del indicador. Es por esto que, como se ha mencionado, se procede a comparar las cifras obtenidas con los resultados aportados por Cristina Larraga en su TFG (2018) para 2014 y 2015 y por Lara Somalo en su TFG (2019) para el año 2016.

En primer lugar, se va a hacer una comparación de la evolución de la huella total desde 2014 hasta 2018, a nivel local como a nivel mundial.

TABLA 5.5. Huella ecológica de Zaragoza. Fuente: elaboración propia, utilizando datos de 2014, 2015 y 2016 obtenidos en trabajos previos sobre la huella ecológica.

	LOCAL (ha/cap)	GLOBAL (hag/cap)
<b>2014</b>	4,55458	4,31753
<b>2015</b>	4,59976	4,26765
<b>2016</b>	4,64582	4,33850
<b>2017</b>	4,97250	4,77166
<b>2018</b>	4,72889	4,26025

FIGURA 5.6. Evolución temporal de la huella ecológica de Zaragoza. Fuente: elaboración propia, utilizando datos de 2014, 2015 y 2016 obtenidos en trabajos previos sobre la huella ecológica.



El valor inicial considerado, en 2014, es de 4,55 ha/cap para la huella local y 4,32 hag/cap para la huella global. Tras ello, comienza a verse una evolución, situándose en 2017 en 4,97 ha/cap la local y 4,77 hag/cap la global, el cual es el punto máximo hasta empezar a decrecer de nuevo para 2018. En este último, encontramos una huella local de 4,73 ha/cap y una mundial de 4,26 ha/cap. Para conocer los motivos de estos cambios, ha de analizarse la evolución de la huella por componentes, y poder dar una explicación más precisa.

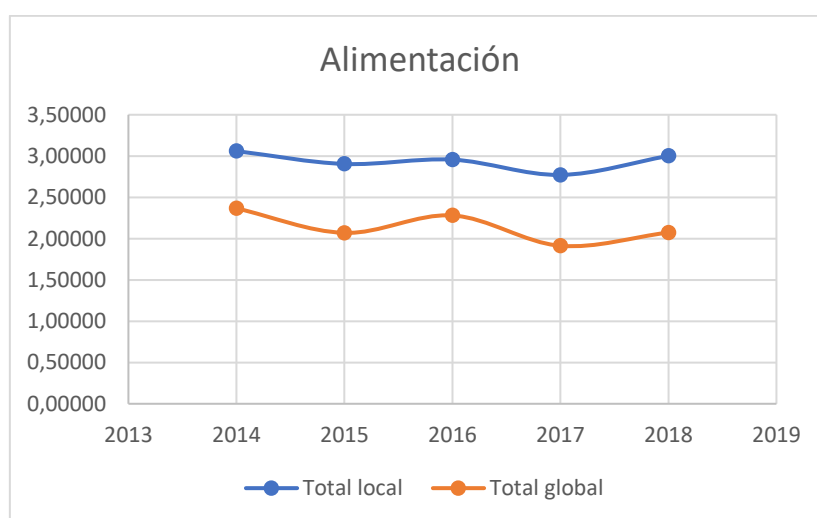
### 5.2.1. EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA HUELLA DE LA ALIMENTACIÓN

La alimentación, como se ha mostrado en la Figura 5.3, es la componente que más afecta al valor de huella ecológica total, por lo que puede darse la situación de que un cambio en los consumos de los alimentos o en las importaciones y exportaciones, genere un gran cambio en la tendencia de la huella total. Se recoge a continuación el gráfico con la evolución temporal de esta componente, calculada con productividades locales y mundiales.

TABLA 5.6. Huella ecológica de alimentación. Fuente: elaboración propia, utilizando datos de trabajos previos

	LOCAL (ha/cap)	GLOBAL (hag/cap)
<b>2014</b>	3,05962	2,36656
<b>2015</b>	2,90410	2,06979
<b>2016</b>	2,95640	2,28080
<b>2017</b>	2,77152	1,91324
<b>2018</b>	3,05318	2,14495

FIGURA 5.7. Evolución de la huella de la alimentación. Fuente: elaboración propia, utilizando datos de trabajos previos



Puede apreciarse que la huella ecológica de la alimentación no es la causante del pico surgido en 2017, ya que sus valores se mantienen prácticamente constantes entre 2,7 y 3,1 ha/cap para la huella local, y entre 1,9 y 2,4 hag/cap para la huella global. Además, el cambio en 2017 en la alimentación es decreciente, con lo cual no afecta positivamente a la huella general. Lo mismo se puede decir respecto a 2018, año en el cual la huella total decrece de nuevo y para el caso concreto de la alimentación aumenta. Determinamos así que la componente de la alimentación no produce los mayores cambios en la huella total para los años de estudio.

Va a estudiarse en los siguientes párrafos el cambio particular de esta componente y las razones de este, aunque no afecten al cómputo global. En la tabla 5.7 se muestran los datos de huella de cada tipo de tierra para los años de estudio y se comparan con 2016 por ser el más actual.

TABLA 5.7. Huella ecológica de la alimentación según tipos de tierra en 2016, 2017 y 2018. Fuente: elaboración propia, utilizando datos de trabajos previos

Alimentación	Cultivos	Pastos	Mar	Construido	Bosque	Energía
<b>2016</b>	0,4505	1,5251	0,9562	-	-	0,0247
<b>2017</b>	0,4672	1,2371	1,0535	-	-	0,0137
<b>2018</b>	0,4484	1,1847	1,3001	-	-	0,1200

Según los datos recogidos por Lara Somalo en su trabajo, el consumo de alimentos en que explotan tierras de cultivo (cereales, tubérculos, hortalizas, etc.) fue de un total de, aproximadamente, 3.404.000 toneladas. En el caso de 2017, se ha calculado una cifra de unas 3.412.000 toneladas, y para 2018 un total de 3.197.000 toneladas aproximadamente. Estos valores dan sentido al aumento en un 3,7% entre 2016 y 2017 y a la caída de un 4% en 2018.

Respecto a las tierras de pastos, utilizadas para la cría y alimento de ganado, el consumo de alimentos que explotan estas tierras en 2016 fue de 147.000 toneladas, en 2017 de 118.000 toneladas y en 2018 de 113.000 toneladas, aproximadamente. Estas cifras explican la progresiva disminución de un 20% entre 2016 y 2017 y un 4,3% entre 2017 y 2018 en la huella de los pastos.

Los espacios marinos bioproductivos, son utilizados para las actividades pesqueras, y los consumos de animales procedentes de la pesca fueron de 28.000 toneladas en 2016, 29.500 toneladas en 2017 y 36.500 toneladas en 2018, aproximadamente. Asimismo, el aumento creciente de un 9,2% y un 19% en la huella del mar se explica con el aumento de los consumos.

La tierra de la energía se estudia en el punto 5.2.5. *Evolución temporal de la huella de la energía.*

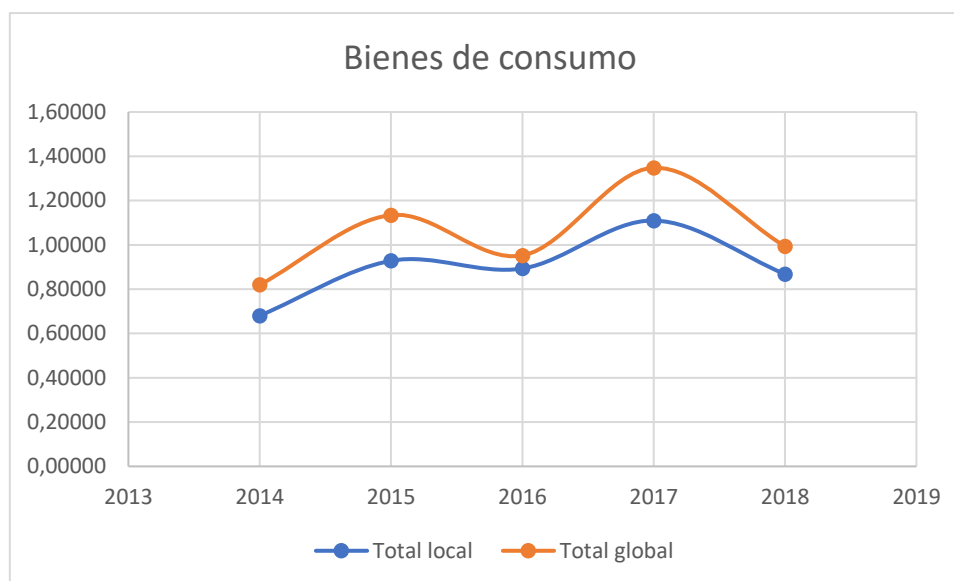
## 5.2.2. EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA HUELLA DE LOS BIENES DE CONSUMO

Los bienes de consumo conforman la componente que más afecta al valor de huella ecológica total después de la alimentación. También podría darse que, dado un cambio en los consumos de estos recursos o en sus importaciones y exportaciones, se produjese un gran cambio en la evolución de la huella total. Se muestra a continuación la progresión temporal de esta componente, calculada con productividades locales y mundiales.

TABLA 5.8. Huella ecológica de los bienes de consumo. Fuente: elaboración propia, utilizando datos de trabajos previos de la huella ecológica de Zaragoza

	LOCAL (ha/cap)	GLOBAL (hag/cap)
<b>2014</b>	0,68060	0,81990
<b>2015</b>	0,92820	1,13450
<b>2016</b>	0,89332	0,95228
<b>2017</b>	1,10986	1,34811
<b>2018</b>	0,86800	0,99314

FIGURA 5.7. Evolución de la huella de los bienes de consumo. Fuente: elaboración propia, utilizando datos de trabajos previos de la huella ecológica de Zaragoza



En este caso, sí que vemos un aumento para el año 2017 en la huella ecológica de esta componente, en tal año se encuentra el valor más alto de los considerados, para el que se tiene una huella de 1,11 ha/cap local y de 1,35 hag/cap mundial. Han de analizarse los tipos de tierra asociados a esta componente (cultivos, pastos, terreno construido, bosque y energía) individualmente para observar cuál es la que influye más en este cambio y su motivo.

TABLA 5.9. Huella ecológica de los bienes de consumo según tipos de tierra en 2016, 2017 y 2018. Fuente: elaboración propia, utilizando datos de trabajos previos

Bienes de consumo	Cultivos	Pastos	Mar	Construido	Bosque	Energía
<b>2016</b>	0,0363	0,1663	-	0,0050	0,4920	0,1937
<b>2017</b>	0,0448	0,2418	-	0,0050	0,3743	0,4440
<b>2018</b>	0,0333	0,2591	-	0,0062	0,3852	0,1841

La huella de los cultivos aumenta en un 19% en 2017 y disminuye un 25,7% en 2018, los recursos de fibras, tabaco, plantas y caucho son los que afectan a este tipo de tierra. En 2016 su consumo asciende a 75.600 toneladas, en 2017 son 93.600 toneladas, y en 2018 suman 65.800 toneladas. La variación en esta componente se debe, por tanto, a los cambios en el consumo.

A la tierra de pastos le afecta el consumo de lana en este caso, el de pieles no ya que se contabilizó en la alimentación. En este caso, en 2016 hubo mayor exportación de prendas de este tejido que importaciones, sin embargo, en 2017 esto sucede al revés, la importación superó a la exportación, lo cual explica el aumento de un 31% de la huella de pastos. Entre 2017 y 2018 el consumo y la productividad son muy parecidos por lo que se obtiene una huella sin grandes variaciones.

El terreno construido se mantiene casi invariable. La superficie industrial del municipio no aumenta entre 2016 y 2017. En cambio, en 2018 la superficie industrial de Zaragoza pasa de 3323,1 ha a 4123,1 ha, esto explica el aumento de su huella del 19,4%.

Respecto a las tierras de bosque, en 2016 se obtiene un dato total de consumo de leñas y maderas de 530.000 toneladas. Mientras que, en 2017, ese valor se reduce a 413.000 toneladas y en 2018 aumenta a 430.000 toneladas. Estas cifras explican la caída de la huella de bosques en un 24% en 2017 y el aumento de un 2,8% en 2018 de nuevo.

La componente de la energía se estudiará en 5.2.5. *Evolución temporal de la huella de la energía.*

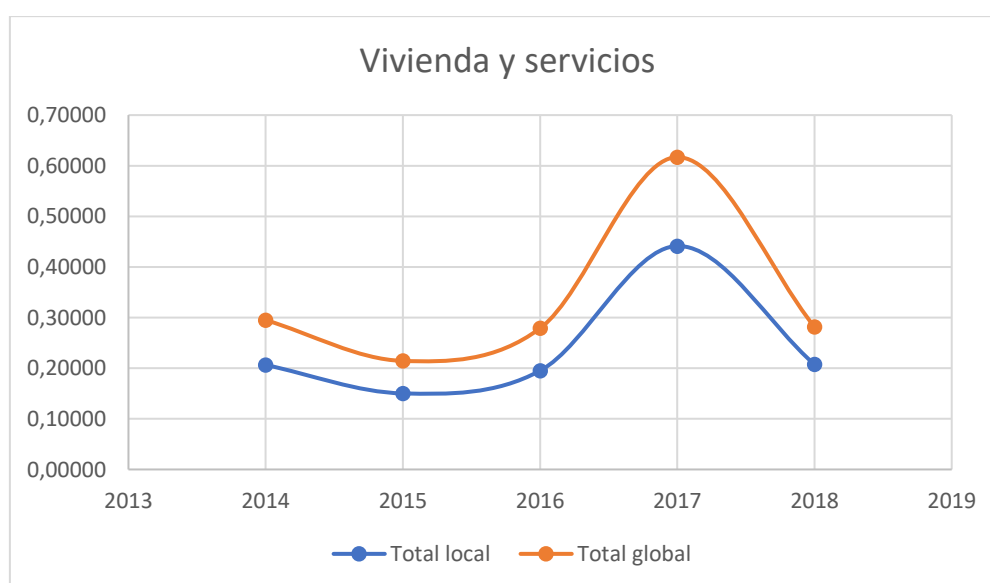
### 5.2.3. EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA HUELLA DE LA VIVIENDA Y LOS SERVICIOS

La vivienda y los servicios se agrupan en una única componente, y puede verse en la Figura 5.3 que es la que menos afecta a la huella ecológica total. Se recoge a continuación el gráfico con la evolución temporal de esta componente, calculada con productividades locales y mundiales.

TABLA 5.10. Huella ecológica de la vivienda y los servicios. Fuente: elaboración propia, utilizando datos de trabajos previos de la huella ecológica de Zaragoza

	LOCAL (ha/cap)	GLOBAL (hag/cap)
<b>2014</b>	0,20638	0,29504
<b>2015</b>	0,15026	0,21443
<b>2016</b>	0,19500	0,27890
<b>2017</b>	0,44133	0,61697
<b>2018</b>	0,20746	0,29660

FIGURA 5.8. Evolución de la huella de la vivienda y los servicios. Fuente: elaboración propia, utilizando datos de trabajos previos de la huella ecológica de Zaragoza



La huella para esta componente sufre un cambio brusco en el año 2017, sus valores suelen estar alrededor de 0,2 ha/cap para la huella local y 0,25 hag/cap para la huella global. Sin embargo, en este pico alcanza 0,4 ha/cap en la huella local y 0,6 hag/cap en la mundial, es decir, casi un 50% mayor. Como se ha realizado anteriormente, se estudia la huella por cada tipo de tierra.

TABLA 5.11. Huella ecológica de la vivienda y los servicios según tipos de tierra en 2016, 2017 y 2018. Fuente: elaboración propia, utilizando datos de trabajos previos

Vivienda y servicios	Cultivos	Pastos	Mar	Construido	Bosque	Energía
2016	-	-	-	0,01450	-	0,1805
2017	-	-	-	0,01524	-	0,4261
2018	-	-	-	0,01528	-	0,1922

Como puede observarse, la huella del terreno construido aumenta lentamente con los años, debido a las nuevas construcciones: aumenta un 4,9% (40,9 ha) en 2017 y un 2,6% (41,3 ha) en 2018. Sin embargo, la energía tiene un papel muy importante en el pico de 2017, lo cual se estudia en profundidad en el punto 5.2.5. *Evolución temporal de la huella de la energía.*

#### 5.2.4. EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA HUELLA DE LA MOVILIDAD Y EL TRANSPORTE

La movilidad y el transporte para los años 2014 a 2018 recoge los siguientes datos:

TABLA 5.12. Huella ecológica de la movilidad y el transporte. Fuente: elaboración propia, utilizando datos de trabajos previos de la huella ecológica de Zaragoza

	LOCAL (ha/cap)	GLOBAL (hag/cap)
2014	0,60799	0,83599
2015	0,61723	0,84866
2016	0,60011	0,8265
2017	0,64978	0,89335
2018	0,60017	0,82537

FIGURA 5.9. Evolución de la huella de la movilidad y el transporte. Fuente: elaboración propia

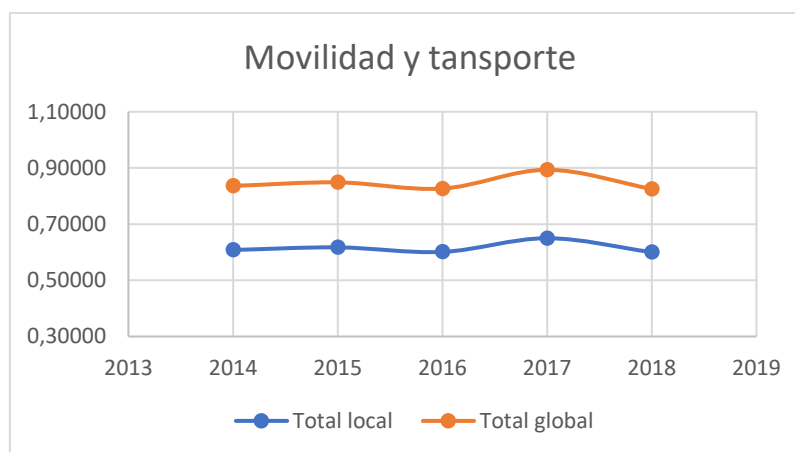




TABLA 5.13. Huella ecológica de la movilidad y el transporte según tipos de tierra en 2016, 2017 y 2018. Fuente: elaboración propia, utilizando datos de trabajos previos

Movilidad y transporte	Cultivos	Pastos	Mar	Construido	Bosque	Energía
2016	-	-	-	0,0038	-	0,5973
2017	-	-	-	0,0039	-	0,6459
2018	-	-	-	0,0039	-	0,5963

No se producen variaciones elevadas para ningún año, la huella local se mantiene entre 0,6 y 0,65 ha/cap anuales, mientras la global toma valores entre 0,82 hag/cap y 0,9 hag/cap. Respecto al terreno, aumenta un 2,6% en 2017 por un aumento de vías de circulación y después es constante en 2018. Es la componente que menos cambios sufre en cuanto a su huella ya que apenas aumentan sus infraestructuras cada año.

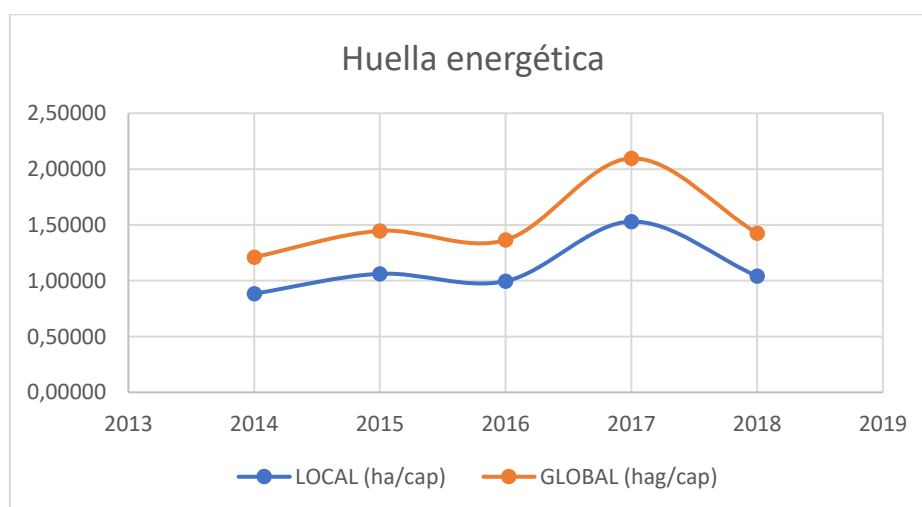
### 5.2.5. EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE LA ENERGÍA

Se ha decidido estudiar el consumo de energía y la huella ecológica de la misma en un apartado diferente ya que es la que produce mayores cambios en la huella de los diferentes años. A continuación, se va a aislar el valor de la tierra de la energía para cada año y se va a mostrar en un gráfico su tendencia como se ha hecho con las componentes de la huella.

TABLA 5.14. Huella ecológica de la energía. Fuente: elaboración propia, utilizando datos de trabajos previos

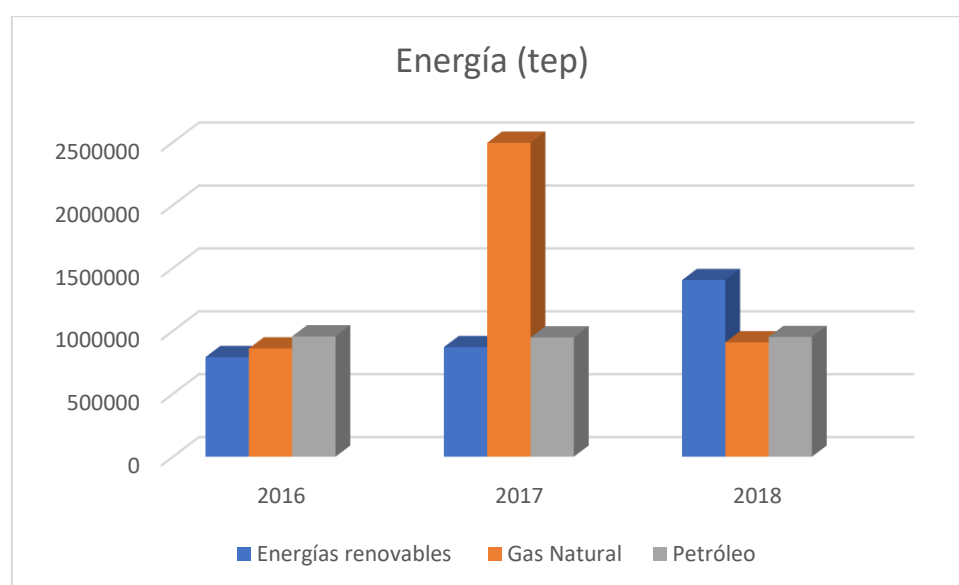
	LOCAL (ha/cap)	GLOBAL (hag/cap)
2014	0,88406	1,21116
2015	1,06178	1,44651
2016	0,99620	1,36479
2017	1,52967	2,09565
2018	1,04073	1,42580

FIGURA 5.10. Evolución de la huella de la movilidad y el transporte. Fuente: elaboración propia



La huella ecológica de la energía obtiene su máximo en 2017, alcanzando un valor muy superior al de los demás años. Mientras la huella local se sitúa entre 0,9 ha/cap y 1,2 ha/cap generalmente, en 2017 se da un valor de 1,53 ha/cap, un aumento del 35%. A nivel mundial, se encuentra normalmente entre 1,2 hag/cap y 1,6 hag/cap, mientras que en 2017 asciende a 2,1 hag/cap, aumentando así un 27%. A continuación, se va a hacer un estudio según las fuentes de energía primaria 2016, 2017 y 2018. Los datos de energía primaria se encuentran en los *Boletines de coyuntura energética nº 30, 31 y 32* proporcionados por el Gobierno de Aragón, pueden verse los esquemas energéticos en el *Anexo IV. Método de cálculo del consumo energético*.

FIGURA 5.10. Evolución de la energía por fuente. Fuente: elaboración propia desde Boletines 30, 31 y 32



Las energías renovables aumentan progresivamente cada año, desde unas 800.000 tep en 2016 hasta 1.400.000 tep en 2018, sin embargo, sus factores energía tierra (tabla A3.8, Anexo III) son muy elevados (millares de GJ/ha) por lo que contribuyen en baja medida a la huella ecológica.

El uso del petróleo se mantiene constante en torno a 950.000 tep durante todos los años de estudio. Su mayor uso se da en el transporte, por ello la huella es constante en esta componente.

El gas natural es el causante principal del rápido aumento de la huella ecológica de la energía en 2017, e influye en gran medida en el resultado de la huella total. Mientras en 2016 y 2018 su valor se sitúa alrededor de 900.000 tep, en 2017 presenta un valor de 2.500.000 tep. Se aprecia, por tanto, una anomalía en tal dato. Se contactó con la Dirección de Energía y Minas del Gobierno de Aragón y confirmaron que se trataba de una errata, pero no han proporcionado el dato correcto hasta la fecha, por lo que los cálculos se han realizado con los datos recogidos por los boletines oficiales pese a no estar actualizados. Concretamente, el gas natural se utiliza mayoritariamente en las industrias y en los hogares, comercios y servicios (Figura A4.1, Anexo

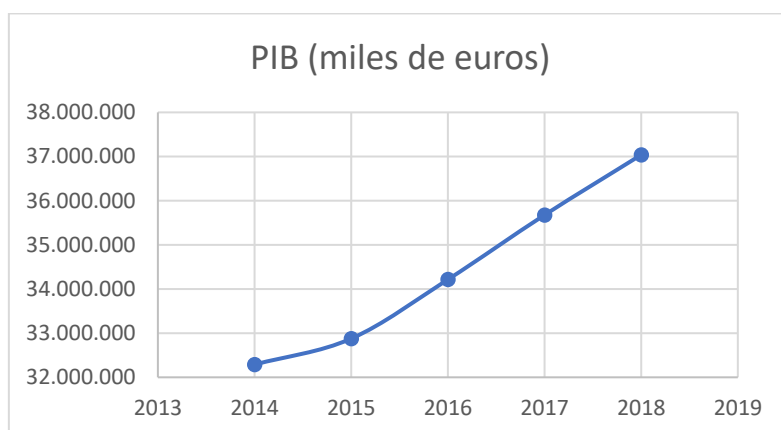
IV), y es en sus huellas asociadas de bienes de consumo y vivienda y servicios donde vemos el mayor incremento de huella para la tierra de la energía (Figuras 5.7 y 5.8). Este es, por tanto, el motivo principal por el que la huella de la energía crece de esta manera en 2017.

### 5.3. LA HUELLA ECOLÓGICA Y LOS INDICADORES SOCIOECONÓMICOS

La huella ecológica se encuentra relacionada con los indicadores socioeconómicos, tales como el Producto interior bruto (PIB), la tasa de desempleo o el Índice de producción industrial (IPI).

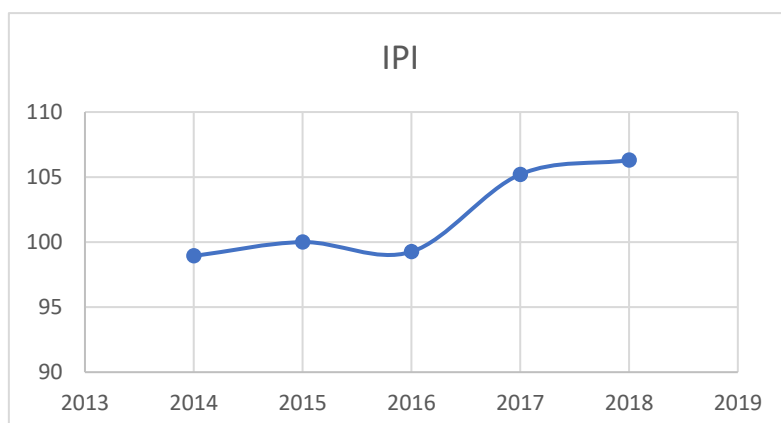
El primer indicador que se va a comentar es el PIB, que se trata de una magnitud económica que expresa el valor monetario de la producción de bienes y servicios de un país en un determinado tiempo (un año, en nuestro caso). Los datos de este indicador para Aragón los proporciona el Instituto Nacional de Estadística y se muestra su evolución en el tiempo a continuación.

FIGURA 5.11. Evolución del PIB en Aragón. Fuente: elaboración propia desde INE



Desde el año 2013 se ha producido una ascensión regular en este indicador. Se estudió en el trabajo de la huella de tal año que también fue el año de mayor pobreza en la comunidad y el de menor producción según el IPI. El IPI es un indicador que mide la actividad productiva de las principales industrias, se muestra también a continuación la evolución de este.

FIGURA 5.12. Evolución del IPI en Aragón. Fuente: elaboración propia desde INE



Para nuestros años de estudio, 2017 y 2018, se aprecia que la economía se recupera aumentando ambos indicadores, el PIB y el IPI. Deben estudiarse también los factores que indican el estilo de vida de la población, la tasa de desempleo es un ejemplo, es el número de desempleados entre la población activa.

FIGURA 5.12. Evolución de la tasa de paro en Aragón y Zaragoza. Fuente: elaboración propia desde INE



Se observa que la tasa de paro disminuye con el aumento del PIB y el IPI, ya que también lo hace la pobreza y aumenta con ello la producción.

## 5.4. LA HUELLA ECOLÓGICA Y LA CAPACIDAD DE CARGA

Por último, se debe comparar la huella ecológica total con la capacidad de carga. Se ha explicado antes que la capacidad de carga o biocapacidad es *“la capacidad de un ecosistema para producir materiales biológicos útiles y absorber emisiones de carbono”*.

Cada país tiene su propia capacidad de carga, como se ha ejemplificado en el apartado 2.4. *Huella ecológica y sostenibilidad*. Sin embargo, a nivel mundial puede establecerse una media dentro de la cual todos los países deberían encontrarse. Esta es, según los anteriores trabajos de huella ecológica, es de **1,7 hag/cap**, proporcionado por Global Footprint Network en 2013. Esta organización nos ofrece el valor de biocapacidad de España en 2016, que es aún menor, de **1,4 ha/cap**. En la siguiente tabla se comparan los valores obtenidos con la capacidad de carga, y se observa que la ciudad de Zaragoza no está dentro de los límites de sostenibilidad ninguno de los años de estudio.

TABLA 5.15. Déficit ecológico. Fuente: elaboración propia

Año	HUELLA MUNDIAL (hag/cap)	DÉFICIT (hag/cap)
2017	4,7717	3,0717
2018	4,2602	2,5602

## 6. CONCLUSIONES

Habiendo realizado el cálculo de la huella ecológica de los años 2017 y 2018, y gracias a los anteriores estudios de huella ecológica para la ciudad de Zaragoza y su tendencia, puede procederse al análisis de los resultados obtenidos.

En primer lugar, el dato calculado para la huella total de ambos años es alarmante. El déficit ecológico del estilo de vida de la población es de más de 3 hectáreas por persona en 2017 y más de 2,5 hectáreas en 2018. Esto quiere decir que, si el modo de vida de esta sociedad se aplicase mundialmente, se necesitarían los recursos de casi 3 planetas como la Tierra para sustentarlo.

Los estudios realizados en los años previos demostraron que la huella ecológica guarda una estrecha relación con los indicadores socioeconómicos y por tanto con la situación económica de los ciudadanos, alcanzando su valor más bajo en los años de crisis económica del país. Aislado el valor de 2017, cuya gran crecida se asocia al consumo de energía primaria, la huella en 2018 aumenta respecto a 2016 con la mejora de la situación económica. Sin embargo, se aprecia que los consumos no se elevan mucho, lo cual podría indicar que la sociedad, pese a adquirir una mejor situación económica, comienza a tener mayor conciencia medioambiental.

La huella en 2017 aumenta bruscamente, pero se ha demostrado que esto se debe al consumo de energía y no al de recursos. Aun así, debe vigilarse el consumo de fuentes de energías primarias derivadas de combustibles fósiles, ya que son las más aumentan la huella por sus emisiones. Al contrario, el cambio hacia las renovables en 2018 demuestra que se debe apostar por ellas, ya que aumentado su uso en un 40%, no generan una huella significativa en tal año.

Finalmente, la afirmación más clara obtenida tras este análisis es que la sociedad debe apostar por un modelo de vida en el que la conciencia medioambiental esté más presente. Esto se consigue, en parte, mediante la concienciación de la población, pero también han de proponerse medidas políticas estrictas a favor de una vida más ecológica. Algunas de las medidas posibles a adoptar son: respecto a la alimentación y los bienes de consumo, debe apostarse por campañas de concienciación de un consumo responsable, sobre todo en el consumo de productos animales, ya que las tierras de pastos y marítimas son las que más huella generan. Además, los flujos de importaciones fueron favorables para estos años, pero varían cada año, debe impulsarse el consumo de productos de proximidad, para reducir las emisiones debidas a estos. Respecto a la huella energética, hay que apostar por la transición hacia las energías renovables, que generan menor huella. Este impulso debe ser a nivel industrial pero también a nivel particular, ya que la vivienda y los transportes tienen una huella energética alta.

## **LISTADO DE ACRÓNIMOS**

1. CMT: Comisionado para el Mercado de Tabacos
2. FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
3. FCA: Factor de Conversión Ajustado
4. FCE: Factor de Conversión Energética
5. IAF: Instituto Aragonés de Fomento
6. IAEST: Instituto Aragonés de Estadística
7. INE: Instituto Nacional de Estadística
8. IPCC: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
9. IPI: Índice de Producción Industrial
10. MITMA: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana de España
11. ONG: Organización no Gubernamental
12. ONU: Organización de las Naciones Unidas
13. PGOUZ: Plan General de Ordenación Urbana de Zaragoza
14. PIB: Producto Interior Bruto
15. TFG: Trabajo Fin de Grado
16. WWF: World Wildlife Fund

## BIBLIOGRAFÍA

1. Artigas, T. 2004. *Contribución a la huella ecológica de Zaragoza como indicador de sostenibilidad*. Universidad de Zaragoza. [Consulta: abril 2020]
2. Asamblea General de las Naciones Unidas.  
<https://www.un.org/es/> [Consulta: septiembre 2020]
3. Ayuntamiento de Zaragoza. Agenda 21 Local. *Cuaderno nº 11. Zaragoza y su huella ecológica*.  
<http://www.zaragoza.es> [Consulta: septiembre 2020]
4. Ayuntamiento de Zaragoza. Agenda 21 Local. Memoria de Actuaciones 2000-2011.  
<http://www.zaragoza.es> [Consulta: septiembre 2020]
5. Ayuntamiento de Zaragoza. Datos Abiertos. Indicadores de Tráfico y Movilidad. *Listado con la Longitud total en kilómetros, de viales por tipo de vía, contabilizando por separado la longitud de cada sentido de circulación*.  
<http://www.zaragoza.es> [Consulta: agosto 2020]
6. Ayuntamiento de Zaragoza. Demografía. Observatorio Municipal de Estadística.  
<http://demografia.zaragoza.es> [Consulta: julio 2020]
7. Ayuntamiento de Zaragoza. Turismo. *Plano bicicleta*.  
<http://www.zaragoza.es> [Consulta: agosto 2020]
8. Ayuntamiento de Zaragoza. Urbanismo. Plan General de Ordenación Urbana.  
<http://www.zaragoza.es> [Consulta: agosto 2020]
9. Cantón, N. 2016. *Aproximación de la huella ecológica de Zaragoza 2013; componentes alimentación y energía*. Universidad de Zaragoza. [Consulta: abril 2020]
10. Chambers, N., Simmons, C., Wackernagel, M. 2002. *Sharing Nature's Interest. Ecological Footprints as an indicator of sustainability*. [Consulta: abril 2020]
11. Diputación de Zaragoza. Municipios. *Zaragoza, datos de la localidad*. [Consulta: julio 2020]
12. Doménech, J.L. 2006. *Guía metodológica para el cálculo de la huella corporativa*. [Consulta: abril 2020]
13. Global Footprint Network.  
<https://www.footprintnetwork.org/> [Consulta: abril 2020]
14. Gobierno de Aragón. Dirección General de Desarrollo Rural. Estadísticas agrícolas. *Superficies, producciones y destinos de la producción agraria 2017*.  
<https://www.aragon.es> [Consulta: mayo 2020]

15. Gobierno de Aragón. Dirección General de Desarrollo Rural. Estadísticas agrícolas. *Superficies, producciones y destinos de la producción agraria 2018*.  
<https://www.aragon.es> [Consulta: mayo 2020]
16. Gobierno de Aragón. Dirección General de Desarrollo Rural. Estadísticas ganaderas. *Producciones ganaderas 2017*.  
<https://www.aragon.es> [Consulta: mayo 2020]
17. Gobierno de Aragón. Dirección General de Desarrollo Rural. Estadísticas ganaderas. *Producciones ganaderas 2018*.  
<https://www.aragon.es> [Consulta: mayo 2020]
18. Gobierno de Aragón. Dirección General de Medio Natural y Gestión Forestal. Aprovechamientos forestales en Aragón.  
<https://www.aragon.es> [Consulta: julio 2020]
19. Gobierno de Aragón. Instituto Aragonés de Estadística. Padrón municipal de habitantes. Cifras oficiales de población. *Tabla de informes de las cifras oficiales de población*.  
<https://www.aragon.es> [Consulta: mayo 2020]
20. Gobierno de Aragón. Instituto Aragonés de Estadística. Paro registrado. *Informes mensuales. Paro Registrado, año 2017*.  
<https://www.aragon.es> [Consulta: septiembre 2020]
21. Gobierno de Aragón. Instituto Aragonés de Estadística. Paro registrado. *Informes mensuales. Paro Registrado, año 2018*.  
<https://www.aragon.es> [Consulta: septiembre 2020]
22. Gobierno de Aragón. Instituto Aragonés de Estadística. Estadísticas de producto interior bruto (PIB), renta, comercio exterior y empresas. Estadísticas de producto interior bruto (PIB), valor añadido y renta. *Producto interior bruto (Contabilidad Regional de España)*.  
<https://www.aragon.es> [Consulta: septiembre 2020]
23. Gobierno de Aragón. Instituto Aragonés de Estadística. Series Estadísticas. Índices de Producción Industrial (IPI).  
<https://www.aragon.es> [Consulta: septiembre 2020]
24. Gobierno de Aragón. Servicio de Planificación Energética. Boletines de coyuntura energética en Aragón. *Boletín Nº 31 de coyuntura energética en Aragón. Datos correspondientes a 2017*.  
<https://www.aragon.es> [Consulta: julio 2020]



25. Gobierno de Aragón. Servicio de Planificación Energética. Boletines de coyuntura energética en Aragón. *Boletín Nº 32 de coyuntura energética en Aragón. Datos correspondientes a 2018.*  
<https://www.aragon.es> [Consulta: julio 2020]
26. Gobierno de España. Ministerio de Hacienda. Información estadística sobre el Mercado de Tabacos. Estadísticas Mercado de Tabacos año 2017.  
<http://www.hacienda.gob.es> [Consulta: julio 2020]
27. Gobierno de España. Ministerio de Hacienda. Información estadística sobre el Mercado de Tabacos. Estadísticas Mercado de Tabacos año 2018.  
<http://www.hacienda.gob.es> [Consulta: julio 2020]
28. Instituto Aragonés de Fomento. Suelo Industrial en Aragón.  
<https://www.iaf.es/> [Consulta: julio 2020]
29. Instituto Nacional de Estadística. Demografía y población. Resumen por capitales de provincia. [Consulta: mayo 2020]  
<http://www.ine.es>
30. Larraga, C. 2018. *Estimación de la huella ecológica de Zaragoza en todas sus componentes, para los años 2010, 2011, 2012, 2014 y 2015 y análisis e interpretación de resultados.* Universidad de Zaragoza. [Consulta: abril 2020]
31. Mercazaragoza. Zona de prensa. Documentos. *Informe anual 2017.*  
<https://www.mercazaragoza.es/> [Consulta: junio 2020]
32. Mercazaragoza. Zona de prensa. Documentos. *Informe anual 2018.*  
<https://www.mercazaragoza.es/> [Consulta: junio 2020]
33. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Alimentación. Consumo y tendencias en alimentación. Panel de Consumo Alimentario.  
<http://www.mapama.gob.es> [Consulta: junio 2020]
34. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Desarrollo rural. Estadísticas. *Anuario de Estadística Forestal 2017.*  
<https://mapa.gob.es> [Consulta: julio 2020]
35. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Desarrollo rural. Estadísticas. *Anuario de Estadística Forestal 2018.*  
<https://mapa.gob.es> [Consulta: julio 2020]
36. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Desarrollo Rural. Estadísticas. *Producción, consumo y comercio exterior de la madera y sus productos.*  
<https://mapa.gob.es> [Consulta: julio 2020]

37. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Estadísticas. Estadísticas agrarias. Agricultura. Superficies y producciones anuales de cultivos. *Cultivos y producciones 2017*.  
<https://mapa.gob.es> [Consulta: mayo 2020]
38. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Estadísticas. Estadísticas agrarias. Agricultura. Superficies y producciones anuales de cultivos. *Cultivos y producciones 2018*.  
<https://mapa.gob.es> [Consulta: mayo 2020]
39. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. Data Comex.  
<http://datacomex.comercio.es/> [Consulta: mayo 2020]
40. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Actividades y servicios. Observatorios y Estadísticas. *Construcción de edificios 2013-2017. Datos recogidos de las licencias de obra concedidas por los ayuntamientos*.  
<http://www.mitma.gob.es/> [Consulta: agosto 2020]
41. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.  
<https://www.miteco.gob.es/> [Consulta: julio 2020]
42. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (F.A.O). *Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*.  
<http://www.fao.org> [Consulta: junio 2020]
43. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (F.A.O). Estadísticas. Bases de datos. FAOSTAT.  
<http://www.fao.org> [Consulta: junio 2020]
44. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (F.A.O). Estadísticas. Bases de datos. FISHSTAT.  
<http://www.fao.org> [Consulta: junio 2020]
45. Pascual, A. 2013. Análisis de la huella ecológica de Zaragoza. Universidad politécnica de Zaragoza. [Consulta: abril 2020]
46. Somalo, L. 2019. *Estimación de todas las componentes de la huella ecológica en Zaragoza, para los años 2005, 2006, 2008 y 2016 e interpretación de resultados*. Universidad de Zaragoza. [Consulta: abril 2020]
47. Wackernagel, M., Rees, W. 1996. Our Ecological footprint, Reducing Human Impact on the Earth. Gabriola Island: New Society Publisher. [Consulta: abril 2020]
48. World Wildlife Fund.  
<https://www.wwf.es/> [Consulta: septiembre 2020]
49. WWF International. 2000. Living Planet Report 2000.  
<http://wwf.panda.org/> [Consulta: septiembre 2020]

## ANEXO I. MATRIZ DE CÁLCULO PARA LA ALIMENTACIÓN

TABLA A1.1. Matriz resumen del cálculo de la componente de la alimentación. Fuente: elaboración propia

	Producción (Tm)	Energía asociada (GJ/Tm)	Importación (ton)	Exportación (ton)	Consumo (ton)	Productividad local (kg/ha)	Superficie local (ha/año)	Productividad media global (kg/ha)	Superficie media global (ha/año)	Tipo de tierra	Energía neta asociada a importaciones (GJ)
<b>Basada en plantas</b>											
<b>Cereales</b>											
Recursos incluidos: trigo, cebada, maíz, avena, arroz, sorgo, centeno, otros cereales, harina de trigo, productos de la molinería y preparaciones a base de cereales	Estadísticas agrarias	10	DATA COMEX	DATA COMEX	Provincial > nacional > Ec. 4.1	Estadísticas agrarias/ Productividad global	Ecuaciones 4.2 y 4.3	Datos FAO	Ecuación 4.4	Cultivo	(Exportación-Importación) * Energía Asociada
<b>Forrajeras</b>											
Recursos incluidos: alfalfa, veza y otros cultivos forrajeros	Estadísticas agrarias	10	DATA COMEX	DATA COMEX	Ec. 4.1	Estadísticas agrarias	Ecuaciones 4.2 y 4.3	Datos FAO	Ecuación 4.4	Cultivo	(E-I) * EA
<b>Tubérculos</b>											
Patatas	Estadísticas agrarias	5	DATA COMEX	DATA COMEX	Provincial	Estadísticas agrarias	Ecuaciones 4.2 y 4.3	Datos FAO	Ecuación 4.4	Cultivo	(E-I) * EA
<b>Hortícolas/Hortalizas</b>											
Recursos incluidos: judía verde, guisante verde, haba verde, borraja, acelga, espinacas, cebolla, ajo, puerro, lechuga, coles, coliflor, tomate, espárrago, pimiento, berenjena, alcachofa, calabaza, calabacín, pepinos, setas, zanahorias y otras hortalizas.	Estadísticas agrarias	5	DATA COMEX	DATA COMEX	Provincial > nacional > Ec. 4.1	Estadísticas agrarias/ Productividad global	Ecuaciones 4.2 y 4.3	Datos FAO	Ecuación 4.4	Cultivo	(Exportación-Importación) * Energía Asociada
<b>Legumbres/Leguminosas</b>											
Recursos incluidos: lentejas, habas secas, garbanzos, guisantes secos, veza, yeros y alubias.	Estadísticas agrarias	10	DATA COMEX	DATA COMEX	Provincial > nacional > Ec. 4.1	Estadísticas agrarias/ Prod. global	Ecuaciones 4.2 y 4.3	Datos FAO	Ecuación 4.4	Cultivo	(E-I) * EA
<b>Fruta</b>											
Recursos incluidos: frutos secos, plátano, melón, sandía, manzano, peral, membrillo, albaricoquero, cerezo y guindo, melocotonero, nectarina, ciruelo, agrios, dátiles, higos, piñas,	Estadísticas agrarias	10	DATA COMEX	DATA COMEX	Provincial > nacional > Ec. 4.1	Estadísticas agrarias/ Productividad global	Ecuaciones 4.2 y 4.3	Datos FAO	Ecuación 4.4	Cultivo	(Exportación-Importación) * Energía Asociada

mangos, aguacates, fresa y fresón, granada, caqui, kiwi, uva y otras frutas.											
<b>Azúcar</b>											
Recursos incluidos: caña de azúcar, remolacha azucarera y otros azúcares y artículos de confitería.	Estadísticas agrarias	15/20	DATA COMEX	DATA COMEX	Provincial > nacional > Ec. 4.1	Estadísticas agrarias/ Productividad global	Ecuaciones 4.2 y 4.3	Datos FAO	Ecuación 4.4	Cultivo	(Exportación-Importación) * Energía Asociada
<b>Aceites y grasas / oleaginosas</b>											
Recursos incluidos: aceituna de transformación, girasol, soja, colza, semillas y frutos oleaginosos, aceite de oliva, aceite de girasol, y otros aceites y grasas vegetales y animales.	Estadísticas agrarias	10/40	DATA COMEX	DATA COMEX	Provincial > nacional > Ec. 4.1	Estadísticas agrarias/ Productividad global	Ecuaciones 4.2 y 4.3	Datos FAO	Ecuación 4.4	Cultivo	(Exportación-Importación) * Energía Asociada
<b>Productos varios</b>											
Recursos incluidos: café, infusiones, especias, cacao, aceituna de mesa; frutas y hortalizas transformadas, en conserva y congeladas; zumos, sidra, preparaciones alimenticias diversas, cerveza, vino, mosto, vinagre, bebidas alcohólicas, agua, alimentos preparados para animales, residuos y desperdicios de las industrias alimentarias.	Estadísticas agrarias	10/20/75	DATA COMEX	DATA COMEX	Provincial > nacional > Ec. 4.1	Estadísticas agrarias/ Productividad global	Ecuaciones 4.2 y 4.3	Datos FAO	Ecuación 4.4	Cultivo	(Exportación-Importación) * Energía Asociada
<b>Basada en animales</b>											
<b>Animales vivos</b>	Estadísticas ganaderas	-	DATA COMEX	DATA COMEX							
<b>Carne y productos cárnicos</b>											
Recursos incluidos: avicultura (carne y huevos), porcino, carnes transformadas, ovino, caprino, bovino, conejo, equino; despojos, otras carnes frescas y congeladas; leche y derivados y miel.	Estadísticas ganaderas	80/10/65	DATA COMEX	DATA COMEX	Provincial > nacional > Ec. 4.1	Cálculos productividad Anexo III	Ecuaciones 4.2 y 4.3	Cálculos productividad Anexo III	Ecuación 4.4	Cultivo y pastos	(Exportación-Importación) * Energía Asociada
<b>Pescado y marisco</b>											
Recursos incluidos: pescado fresco, pescado congelado, marisco y conservas de pescado.	-	100	DATA COMEX	DATA COMEX	Provincial > nacional > Ec. 4.1	Cálculos productividad Anexo III	Ecuaciones 4.2 y 4.3	Cálculos productividad Anexo III	Ecuación 4.4	Mar	(E-I) * EA

## ANEXO II. MATRIZ DE CÁLCULO PARA LOS BIENES DE CONSUMO

TABLA A2.1. Matriz resumen del cálculo de la componente de los bienes de consumo. Fuente: elaboración propia

	Producción (Tm)	Energía asociada (GJ/ton)	Importación (ton)	Exportación (ton)	Consumo (ton)	Productividad local (kg/ha)	Superficie local (ha/año)	Productividad media global (kg/ha)	Superficie media global (ha/año)	Tipo de tierra	Energía neta asociada a importaciones (GJ)
<b>Basada en plantas</b>											
<b>Fibras vegetales y sus derivados</b>											
Recursos incluidos: algodón, fibras vegetales, fibras artificiales o sintéticas (nylon, lycra, acrílico), tejidos y prendas de punto, prendas hechas con fibras y otros tejidos	Estadísticas agrarias	15/20	DATA COMEX	DATA COMEX	Ecuación 4.1	Productividad media global	Ecuación 4.8	Datos FAO	Ecuación 4.4	cultivos	(Exportación-Importación) * Energía Asociada
<b>Ni fibra ni alimentación</b>											
Recursos incluidos: cigarrillos, cigarros, picaduras para liar y picaduras para pipa	Estadísticas agrarias	100/10			Peso unidad * unidades vendidas (CTM)	Productividad media global	Ecuación 4.8	Datos FAO tabaco	Ecuación 4.4	cultivos	(Exportación-Importación) * Energía Asociada
Plantas y flores ornamentales, gomas, resinas y otros extractos, materias trenzables y otros productos de origen vegetal	Estadísticas agrarias	10	DATA COMEX	DATA COMEX	Ecuación 4.1	Productividad media global	Ecuación 4.8	Datos FAO	Ecuación 4.4	cultivos	(Exportación-Importación) * Energía Asociada
<b>Madera y derivados</b>						kg madera/habitante					
Recursos incluidos: leña, madera en bruto, viruta de madera, aserrado y elementos para trituración (pastas de madera, papel, cartón, artes gráficas, corcho, espartería, etc.)	Estadísticas anuales de cortas de madera	5/10/ 15/ 35	DATA COMEX	DATA COMEX	Estadísticas nacionales > Ecuación 4.1	Trabajos previos de huella ecológica	Ecuación 4.8	Trabajos previos de huella ecológica	Ecuación 4.4	bosque	(Exportación-Importación) * Energía Asociada
<b>Basada en animales</b>											
Recursos incluidos: lana, tejidos de punto, peletería, pieles y cuero, manufacturas de cuero, calzado y otros productos.	Estadísticas ganaderas	10/20/ 45	DATA COMEX	DATA COMEX	Ecuación 4.1	Cálculos productividad Anexo III	Ecuación 4.8	Cálculos productividad Anexo III	Ecuación 4.4	pastos	(Exportación-Importación) * Energía Asociada

<b>Productos de las industrias químicas</b>											
Recursos incluidos: productos químicos orgánicos e inorgánicos, abonos y plaguicidas, materias colorantes, aceites esenciales y preparaciones de cosmética, materiales inflamables, fármacos, jabones, ceras, productos fotográficos y otros.		40/50/ 100/ 200	DATA COMEX	DATA COMEX	Ecuación 4.1						(Exportación- Importación) * Energía Asociada
<b>Materias plásticas y caucho</b>											
Recursos incluidos: materias plásticas y manufacturas de estas materias		50	DATA COMEX	DATA COMEX	Ecuación 4.1						(E-I) * EA
Caucho y manufacturas de caucho		50	DATA COMEX	DATA COMEX	Ecuación 4.1	Productividad media global	Ecuación 4.8	Datos FAO	Ecuación 4.4	cultivos	(E-I) * EA
<b>Productos metálicos</b>											
Recursos incluidos: fundiciones, metales y sus manufacturas, herramientas y útiles, maquinaria, vehículos y materiales para vías y recursos de navegación, instrumentos de medida, instrumentos fotográficos, instrumentos musicales, armas y municiones		50/100/ 140/ 300	DATA COMEX	DATA COMEX	Ecuación 4.1						(Exportación- Importación) * Energía Asociada
<b>Minerales manufacturados no metálicos</b>											
Recursos incluidos: sal, azufre, tierras, piedras, cementos, minerales, cenizas, vidrio, cerámicos, y manufacturas de todos los anteriores.		05/10/ 2020	DATA COMEX	DATA COMEX	Ecuación 4.1						(Exportación- Importación) * Energía Asociada
<b>Otras industrias manufactureras</b>											
Recursos incluidos: joyería, mobiliario, juguetes, complementos, objetos de arte o de antigüedad y manufacturas diversas.		20/65/ 100/ 300	DATA COMEX	DATA COMEX	Ecuación 4.1						(Exportación- Importación) * Energía Asociada

## ANEXO III. PRODUCTIVIDADES. MÉTODO DE CÁLCULO DE PRODUCTIVIDADES PARA DIFERENTES TIPOS DE TIERRA

La productividad del suelo se define como la capacidad del mismo para producir cultivos, y resulta del cociente entre la producción y la superficie productiva, por lo tanto, su magnitud es kilogramos/hectáreas. Es un dato necesario para obtener la cifra de superficie a partir de los consumos definidos. Existen productividades a nivel local y a nivel mundial. Se detalla su explicación a continuación.

### A3.1. PRODUCTIVIDADES LOCALES Y PRODUCTIVIDADES MEDIAS GLOBALES

Al utilizar las productividades locales, se tiene como resultado la superficie real de tierra que utiliza la población de estudio para satisfacer sus consumos y el área mundial de bosque necesaria para absorber el dióxido de carbono emitido en la obtención de la energía requerida. Esta superficie de tierra de bosque siempre se calcula con productividades globales. Con estas productividades, el estudio es más específico sobre la población considerada.

Por otra parte, cuando se realizan los cálculos con productividades medias mundiales, la superficie que resulta es el área media mundial necesaria para producir los recursos y el área de bosque que se necesita para absorber el dióxido de carbono de la huella energética. Con estas productividades, la metodología es estándar y otorga comparabilidad internacional.

#### A3.1.1. PRODUCTIVIDADES LOCALES

La huella ecológica con productividades locales se calcula con la siguiente ecuación:

$$HE_{i,j} \text{ (ha)} = \frac{\text{Producción}_i}{\text{Prod. local}_i} + \frac{\text{Importación}_i}{\text{Prod. mundial}_i} - \frac{\text{Exportación}_i}{\text{Prod. local}_i} \quad [\text{Ec. A3.1}]$$

Donde i es cada recurso y j cada tipo de tierra.

Como puede apreciarse, las superficies asociadas a producción y exportación se calculan con productividad local, ya que los recursos afectan a los diferentes tipos de tierra en la localidad, sin embargo, la importación son productos provenientes de otros países y por ello no puede utilizarse otra productividad que no sea la mundial.

#### A3.1.2. PRODUCTIVIDADES MEDIAS MUNDIALES

Al realizar los cálculos con productividades globales, se aplican unos factores de corrección para transformar las superficies a superficie media mundial: factor de equivalencia y de productividad.

- a. Factor de equivalencia: Tras obtener las superficies de cada uno de los tipos de tierra bioproductiva, se han de multiplicar por este factor para otorgarles comparabilidad entre sí. Esto sucede por la necesidad de homogeneizar las diferentes clases de terreno, por ejemplo, la productividad de los cultivos es muy superior a la del mar y no pueden compararse entre sí. La magnitud de estos factores es de hectárea global/hectárea. Los factores utilizados son los determinados en anteriores trabajos de la huella ecológica y se recogen en la siguiente tabla.

TABLA A3.1. Factor de equivalencia respecto a tipo de tierra. Fuente: Cristina Larraga, 2018

Tipo de tierra	Factor de equivalencia (hag/ha)
<b>Cultivos</b>	2,18
<b>Pastos</b>	0,49
<b>Bosque</b>	1,37
<b>Espacio marítimo bioproductivo</b>	0,36
<b>Construido</b>	2,18
<b>Energía</b>	1,37

- b. Factor de productividad: Este factor se utiliza para transformar la capacidad de carga de tierra real obtenida, en tierra a nivel mundial. Sirve para poder compararla con la huella ecológica del tipo de tierra calculada con productividades mundiales. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Factor\ de\ productividad_j = \frac{Productividad\ local_j}{Productividad\ global_j} \quad [Ec.A3.2]$$

Donde j es cada tipo de tierra.

Cada uno de los recursos analizados en este proyecto tiene asociada unas productividades dependiendo de la tierra bioproductiva a la que afecta. Se va a analizar en los próximos apartados el cálculo de estas productividades.

### A3.2. PRODUCTIVIDAD DE LA TIERRA DE CULTIVOS

En primer lugar, se requiere de los datos de productividad a nivel local. Estos datos se obtienen de manera simple ya que se recogen anualmente en las estadísticas agrícolas proporcionadas por el Gobierno de Aragón, en el documento *Superficies, producciones y destinos de la producción agraria* para el año de estudio. Se ha observado, no obstante, que dependiendo del tipo de cultivo la productividad variaba, esto es, dependiendo de si se trataba de cultivo de secano o de regadío. En las estadísticas de los últimos años no se daban los datos de productividad media, sin embargo, atendiendo a estadísticas de años anteriores en las que sí aparecían, se determinó calcular la productividad media de la siguiente manera:



$$Productividad\ local\ media_i = \frac{\sum Superficie_{i,j} * Productividad_{i,j}}{\sum Superficie_{i,j}} \quad [Ec. A3.3]$$

Donde i es cada uno de los recursos, y j es el tipo de tierra de cultivo (secano o regadío).

En segundo lugar, se necesita calcular también los datos de productividades mundiales. Estos se obtienen de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Las cifras que esta plataforma otorga son los rendimientos de las productividades en cada país en que se produce el recurso, y la magnitud en que se encuentran son en hectogramos/hectáreas. Por tanto, para el cálculo de una productividad media a nivel global, ha de hacerse la media de las productividades mundiales y transformar el dato a kilogramos/hectárea.

$$Productividad\ global\ media_i = \frac{\sum Productividad_{i,j}}{n^o\ total\ de\ países} * \frac{1}{10} \quad [Ec. A3.4]$$

Donde i es cada uno de los recursos y j cada uno de los países.

### A3.3. PRODUCTIVIDAD DE LA TIERRA DE PASTOS

El procedimiento de cálculo utilizado para la productividad local y global de los pastos difiere del anterior en gran medida pues resulta más complejo, ya que no existen documentos o plataformas que nos otorguen estas productividades y han de calcularse basándose en la metodología utilizada en el *Living Planet Report 2000*.

Las variables que considerar son el ganado bovino, equino, ovino y caprino, y sus derivados: leche, lana y pieles.

Como punto de partida se necesitan los datos de producción local y mundial de estos recursos. La producción provincial recoge en las estadísticas de *Producciones ganaderas* del Gobierno de Aragón, mientras que la global se obtiene mediante la plataforma de la FAO.

En segundo lugar, se precisan los datos de contenido energético (GJ/ton) y los factores de conversión energética (FCE) (kJ/kJ) para cada elemento a nivel local y mundial, estos datos se consideran iguales que en los anteriores trabajos de la huella energética, cuya fuente inicial fue el proyecto de Nuria Cantón (2016). Sin embargo, los FCE deben ser ajustados al año de estudio, y para ello se calculan los factores de conversión ajustados (FCA) (kJ/kJ) mediante las producciones y los FCE. Esta transformación se realiza para los recursos cárnicos mediante la fórmula:

$$FCA_i = \frac{FCE_{carne_i} * Producción_{carne_i}}{Producción_{carne_i} + Producción_{pieles_i}} \quad [Ec. A3.5]$$

Donde i es cada uno de los tipos de carne.

Para la leche no se obtiene un valor ajustado, ya que se considera que las vacas utilizadas para producción de leche tienen ese como único objetivo. Para las pieles y la lana se utilizan los FCA de las carnes de los animales que provienen, multiplicados por otros factores recogidos en el *Living Planet Report 2000*.

A continuación, se procede al cálculo de la bioproductividad primaria de los pastos, que resulta de la ecuación:

$$Bioproductividad_i = Producción_i * Contenido\ Energético_i * FCA_i \quad [Ec. A3.6]$$

Donde i es cada uno de los recursos.

Tras esto, se obtiene la bioproductividad primaria de pastos para la producción animal por unidad de superficie, para ello se suman todas las bioproductividades y se dividen por el área total de pastos y bosques. Esta área, a nivel mundial se obtiene de la FAO, y a nivel provincial se obtiene de las estadísticas de *Superficies, producciones y destinos de la producción agraria* del Gobierno de Aragón, y son las siguientes para los años de estudio:

TABLA A3.2. Superficies pastables en la provincia de Zaragoza. Fuente: estadísticas agrarias Gobierno de Aragón

Tipo de tierra	Superficie 2017 (ha)	Superficie 2018 (ha)
Prados	0	0
Pastizales	187.985	191.010
Erial pastos	249.363	253.758
Barbechos	260.755	261.583
<b>TOTAL</b>	<b>698.103</b>	<b>706.351</b>

Una vez calculada la bioproductividad primaria de pastos para la producción animal por unidad de superficie, se procede al cálculo final del cálculo de la productividad de los pastos para cada recurso, mediante la fórmula:

$$Productividad_i = \frac{bioproductividad\ pastos * 1000}{Consumo\ Energético_i * FCA_i} \quad [Ec. A3.7]$$

Donde i es cada uno de los recursos.

Con arreglo a las previas explicaciones, se muestran las tablas en las que se encuentran dichos datos para el año 2017, tanto a nivel local como mundial, a modo de ejemplo:

TABLA A3.3. Productividades locales de los pastos en 2017. Fuente: elaboración propia

	Producción [ton/año]	Contenido Energético [GJ/ton]	FCE [kJ/kJ]	FCA [kJ/kJ]	Bioproductividad primaria pastos [GJ/año]	Productividad Local [kg/ha/año]
<b>Bovino y equino</b>	10.264	9,16	15,4	13,772	1.295.155	30,695
<b>Ovino y caprino</b>	5.358	9,61	7,8	0,646	33.292	623,380
<b>Leche</b>	41.180	2,72	5	5,000	559.425	285,120
<b>Lana</b>	853	-		1,083	8.877	372,065
<b>Pieles cordero</b>	58.454	-	-	1,083	608.531	372,065
<b>Pieles vaca</b>	1.213	-	-	17,879	198.717	23,644
<b>Bioproductividad total de animales de pastos:</b>					2.703.997	GJ/año
<b>Área total de pastos y bosques:</b>					698.103	Ha
<b>Bioproductividad primaria de pastos para animales por unidad de superficie:</b>					3,87	GJ/ha/año

TABLA A3.4. Productividades mundiales de los pastos en 2017. Fuente: elaboración propia

	Producción [ton/año]	Contenido Energético [GJ/ton]	FCE [kJ/kJ]	FCA [kJ/kJ]	Bioproductividad primaria pastos [GJ/año]	Productividad Local [kg/ha/año]
<b>Bovino y equino</b>	75.913.517	12,1	15,4	13,535	12.432.918.147	34
<b>Ovino y caprino</b>	20.128.183	11,2	7,8	5,925	1.335.758.154	83
<b>Leche</b>	866.457.275	2,2	5	5,000	9.531.030.025	503
<b>Lana</b>	2.381.434	-		9,927	264.786.541	50
<b>Pieles</b>	14.445.352	-	-	17,571	3.071.260.756	26
<b>Bioproductividad total de animales de pastos:</b>					26.635.753.624	GJ/año
<b>Área total de pastos y bosques:</b>					4.810.942.091	Ha
<b>Bioproductividad primaria de pastos para animales por unidad de superficie:</b>					5,54	GJ/ha/año

#### A3.4. PRODUCTIVIDAD DEL ESPACIO BIOPRODUCTIVO MARINO

La productividad del mar se calcula únicamente a nivel global, ya que la ciudad de Zaragoza carece de superficie marina explotable. El tipo de tierra de espacio bioproductivo marino solo afecta a la componente de alimentación. La pesca considerada es únicamente la de agua salada, y se considera que solo se realiza con el uso de técnicas sostenibles.

Para el cálculo de esta componente es necesario conocer la producción mundial pesquera en los años de estudio, estos datos los proporciona la FAO y se recogen en la siguiente tabla.

TABLA A3.5. Producción mundial de pesca en 2017 y 2018. Fuente: elaboración propia desde FAO

Tipo de pesca	Producción 2017 (ton)	Producción 2018 (ton)
<b>Plantas acuáticas</b>	33741591	33341168
<b>Crustáceos</b>	15160805	15875376
<b>Peces diádromos</b>	7023274	7379177
<b>Peces de agua fría</b>	55267248	56658184
<b>Peces marinos</b>	70041740	73371438
<b>Productos de diversos animales acuáticos</b>	79732	36387
<b>Animales acuáticos</b>	1309608	1475143
<b>Moluscos</b>	23643727	23755235
<b>Ballenas y otros mamíferos acuáticos</b>	201.288	170487
<b>TOTAL</b>	206.469.013	211.892.109

La fórmula para determinar la productividad es:

$$Productividad\ marina = \frac{\sum Producción\ pesquera_i}{Superficie\ marina\ pesca} \quad [Ec. A3.8]$$

Donde i es cada tipo de pesca de la tabla superior.

La estimación de superficie maquina pesquera se ha tomado respecto a los previos trabajos de huella ecológica en un valor de 2800 millones de hectáreas.

El dato que indicó la FAO en 1997 para una pesca sostenible es de una producción máxima admisible de 93 millones de kg al año, lo que daría lugar a una productividad media global de 29,34 kg/ha. Sin embargo, el cálculo de productividades para los años de estudio resulta muy superior, lo que refleja la notoria sobreexplotación de los mares que aumenta con el paso del tiempo. Se muestran los datos en una tabla a continuación.

TABLA A3.6. Producción mundial y productividad pesquera en 2017 y 2018. Fuente: elaboración propia desde FAO

	Producción pesca (ton)	Productividad (kg/ha)
<b>2017</b>	206.469.013	73,7073444
<b>2018</b>	211.892.109	75,6433346

### A3.5. PRODUCTIVIDAD DE LOS BOSQUES

Los datos tomados para las diferentes productividades de la madera se han determinado en concordancia con los trabajos ya realizados sobre la huella ecológica de la ciudad de Zaragoza.

La productividad local tiene asignado un valor de 1,27 m<sup>3</sup>/ha y se obtuvo del Tercer Inventario Forestal Nacional del período 1997 a 2007, proporcionado por el Ministerio de Medio Ambiente

y Medio Rural y Marino de España. El valor de productividad mundial, por su parte, es de 2,6 m<sup>3</sup>/ha y se obtuvo del *Living Planet Report 2000*.

### A3.6. PRODUCTIVIDAD ENERGÉTICA

La productividad energética permite transformar el valor de energía consumida de las fuentes primarias, el cual tenemos en unidad de julios, en hectáreas de bosque necesarias para la absorción del CO<sub>2</sub> producido en los procesos. La relación entre ambas magnitudes se encuentra en los denominados factores energía-tierra.

En el caso de las fuentes de energía de combustibles fósiles, estos factores se calculan según la siguiente ecuación, determinada por el Grupo Gubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) en 2006.

$$Factor\ energía - tierra_i = \frac{Tasa\ de\ absorción\ de\ carbono}{Factor\ de\ emisión_i * \%Carbono\ oxidable} \quad [Ec. A3.9]$$

Donde i es el combustible fósil.

La tasa de absorción del carbono es de 1,42 ton/ha. Por lo que los resultados son los siguientes.

TABLA A3.7. Factores energía-tierra combustibles fósiles. Fuente: IPCC 2006

Fuente	Factor de emisión	% Carbono oxidable	Factor energía-tierra
<b>Petróleo</b>	20	0,99	71
<b>Gas Natural</b>	15,3	0,995	93

Respecto a las fuentes energía renovables, se han considerado la hidroeléctrica, la eólica, la biomasa y la solar como las principales. La energía hidroeléctrica, la eólica y la solar no emiten dióxido de carbono, por lo que su productividad es el resultado de dividir su producción eléctrica anual entre la superficie que ocupan (infraestructuras, tendido eléctrico y área inundada). El ciclo de la biomasa, por su parte, reabsorbe las emisiones por lo que no se contabilizan. Estos datos se encuentran en la "*Guía metodológica para el cálculo de la huella corporativa*" (Doménech, 2006). Se exponen a continuación en una tabla resumen.

TABLA A3.8. Factores energía-tierra energías renovables. Fuente: Nuria Cantón, 2016

Fuente	Factor energía-tierra
<b>Hidroeléctrica</b>	1000
<b>Eólica</b>	60000
<b>Solar</b>	1500
<b>Biomasa</b>	-
<b>Flujo de importaciones</b>	72

## ANEXO IV. MÉTODO DE CÁLCULO DEL CONSUMO ENERGÉTICO

En este apartado del proyecto se procede a explicar los cálculos relativos a la obtención del consumo energético de cada una de las componentes de la huella ecológica de la ciudad de Zaragoza. El procedimiento seguido para cada una de las componentes es el mismo, por lo que se va a explicar mediante el ejemplo del cálculo relativo a la alimentación.

En primer lugar, cabe explicar que la huella ecológica de la energía se traduce en las hectáreas de bosque necesarias para absorber el dióxido de carbono emitido por su consumo. Sin embargo, los cálculos que se presentan a continuación tienen como resultado magnitud de energía, y su transformación a hectáreas equivalentes se explica en el *Anexo III*.

Los datos que van a utilizarse en los cálculos se recogen en los *Boletines de Coyuntura Energética de Aragón*, concretamente en los boletines nº 31, para el año 2017, y nº 32, para el año 2018. En estos documentos se nos muestran los flujos energéticos, desglosados según fuentes de energía y usos, en los siguientes esquemas.

Figura A4.1. Balance energético en Zaragoza en 2017. Fuente: Boletín de Coyuntura Energética de Aragón nº 31

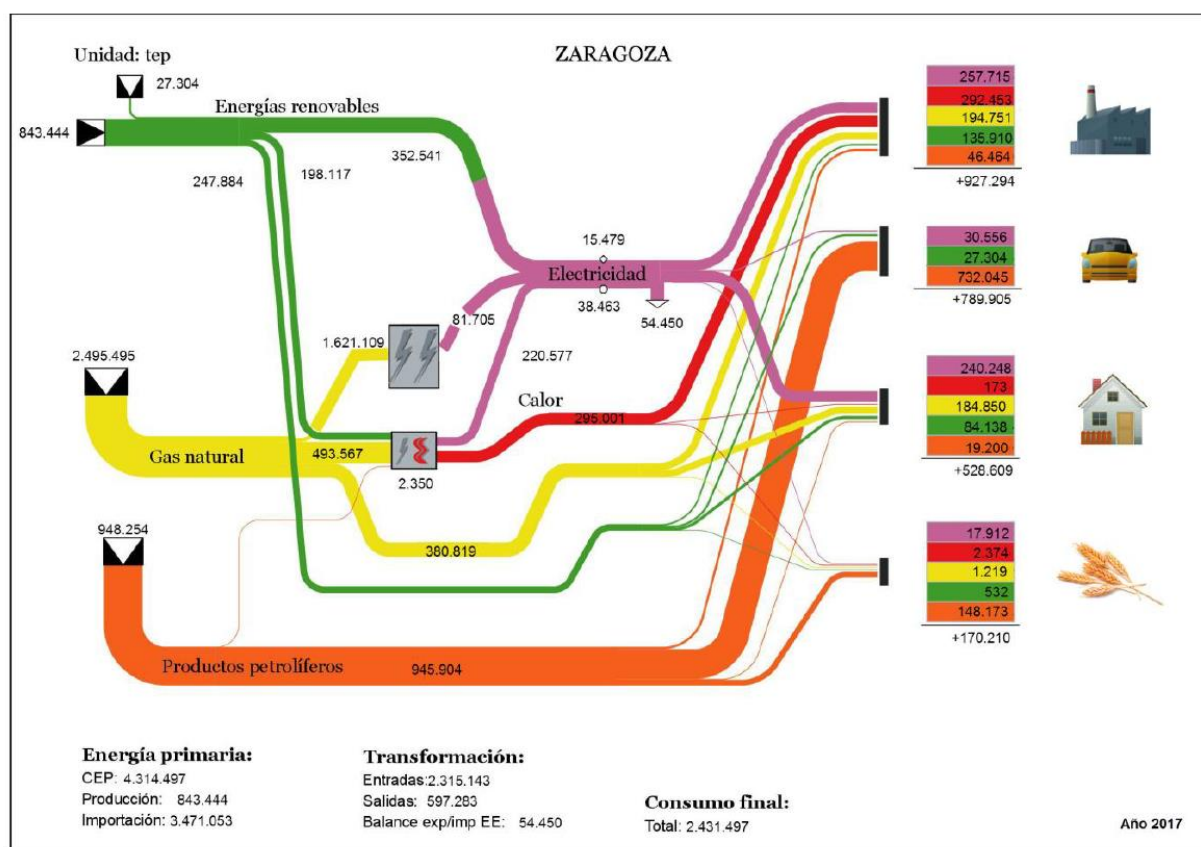
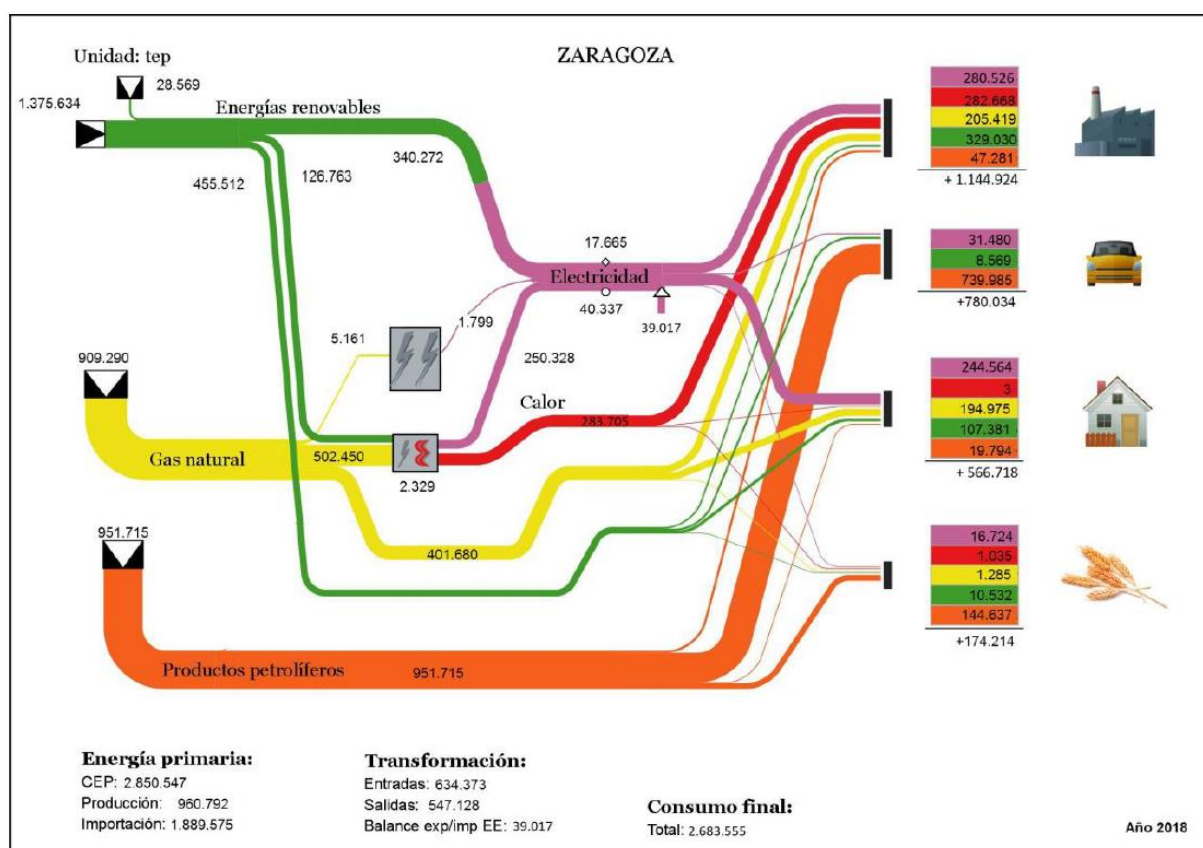


Figura A4.1. Balance energético en Zaragoza en 2018. Fuente: Boletín de Coyuntura Energética de Aragón nº 32



Según los esquemas mostrados, la componente de la industria corresponderá a la denominada de bienes de consumo, la del transporte se asocia a la de movilidad y transporte, la residencial-comercial-servicios se relaciona con la de vivienda y servicios, y la de la agricultura se aproxima a la total de la alimentación.

En este apartado no se incluye la componente energética debida al flujo de importaciones, sino que se ha considerado en las explicaciones individuales de cada uno de los factores de la huella ecológica, cuyo valor es igual a la diferencia entre las importaciones y exportaciones, multiplicado por su intensidad energética.

Para la obtención del consumo de cada energía primaria por cada uno de los sectores, es preciso realizar una serie de cálculos y balances energéticos. Se van a explicar para el ejemplo de la huella energética en el año 2017, pero el resto de los años se calcularán igual con sus datos respectivos.

#### A4.1. CÁLCULOS PARA DETERMINAR EL CONSUMO ENERGÉTICO

En primer lugar, tomando como base los datos de la Figura A4.1. se determinan las toneladas equivalentes de petróleo que aporta cada fuente de energía (renovables, gas natural y petróleo) a cada uno de los sectores, a la electricidad, y a las centrales de cogeneración y ciclo combinado.

TABLA A4.1. Usos de la energía de las Energías Renovables en 2017. Fuente: Boletín de Coyuntura Energética de Aragón nº 31

RENOVABLES (tep)	
Ciclo combinado	0
Industria	135910
Transporte	27304
Hogar	84138
Agricultura	532
Cogeneración	198117
Electricidad	352541
Total	798542

TABLA A4.2. Usos de la energía del Gas Natural en 2017. Fuente: Boletín de Coyuntura Energética de Aragón nº 31

GAS NATURAL (tep)	
Ciclo combinado	1621109
Industria	194751
Transporte	0
Hogar	184850
Agricultura	1219
Cogeneración	493567
Electricidad	0
Total	2495496

TABLA A4.3. Usos de la energía del Petróleo en 2017. Fuente: Boletín de Coyuntura Energética de Aragón nº 31

PETRÓLEO (tep)	
Ciclo combinado	0
Industria	46464
Transporte	732045
Hogar	19200
Agricultura	148173
Cogeneración	2350
Electricidad	0
Total	948232

El siguiente paso consiste en realizar los balances en las centrales de cogeneración y ciclo combinado para establecer la electricidad y calor que se obtiene de cada fuente.



TABLA A4.4. Balance energético a las centrales de cogeneración. Fuente: elaboración propia desde Boletín de Coyuntura Energética de Aragón nº 31

COGENERACIÓN						
Fuente de energía	% Fuente Energía	ENTRA	SALE		ELECTRICIDAD	CALOR
Energías Renovables	28,546	198117	Destinada electricidad	220577	62965,292	84210,158
Gas Natural	71,116	493567	Destinada calor	295001	156864,834	209791,968
Petróleo	0,339	2350			746,874	998,874
TOTAL	100	694034		515578	220577	295001
			PÉRDIDAS	178456	REDIMIENTO	0,742871387

TABLA A4.5. Balance energético a las centrales de ciclo combinado. Fuente: elaboración propia desde Boletín de Coyuntura Energética de Aragón nº 31

CICLO COMBINADO						
Fuente de energía	% Fuente Energía	ENTRA	SALE		ELECTRICIDAD	CALOR
E. Renovables	0,000	0	Destinada electricidad	81705	0,000	0,000
Gas Natural	100,000	1621109	Destinada calor	0	81705,000	0,000
Petróleo	0,000	0			0,000	0,000
TOTAL	100	1621109		81705	81705	0
			PÉRDIDAS	1539404	RENDIMIENTO	0,0504007

A continuación, debe determinarse el porcentaje de aporte de cada una de las energías renovables.

TABLA A4.6. Porcentaje de energías renovables. Fuente: elaboración propia desde Boletín de Coyuntura Energética de Aragón nº 31

ENERGÍAS RENOVABLES		
Energía	tep	% del total
Hidroeléctrica	47596	13
Eólica	294957	83
Otras	14120	4
TOTAL	356673	100

El cuarto paso en los cálculos a realizar es un balance de energía para la electricidad y el calor que se obtienen en las centrales, sabiendo que porcentaje de cada fuente proporciona calor y electricidad y los consumos por sectores.

TABLA A4.7. Balance energético al calor. Fuente: elaboración propia desde Boletín de Coyuntura Energética de Aragón nº 31

CALOR					
Fuente de energía	Calor producido	% Fuente Energía	Sector	Consumo	% Consumo Sector
E. Renovables	84210,158	28,546	Industria	292453,000	99,137
Gas Natural	209791,968	71,116	Transporte	0,000	0,000
Petróleo	998,874	0,339	Hogar	173,000	0,059
			Agricultura	2374	0,805
<b>TOTAL</b>	<b>295001</b>	<b>100,000</b>		<b>295000</b>	<b>100,000</b>

El calor proviene de las centrales de cogeneración.

TABLA A4.8. Balance energético a la electricidad. Fuente: elaboración propia desde Boletín de Coyuntura Energética de Aragón nº 31

ELECTRICIDAD (tep)					
Fuente de energía	Electricidad producida	% Fuente Energía	Sector	Consumo	% Consumo sector
Biomasa Cogeneración	62959,849	9,61	Industria	257715	47,16
Gas Cogeneración	156851,274	23,95	Transporte	30556	5,59
Petróleo	746,809	0,11	Hogar	240248	43,97
Gas Convencional	81705	12,48	Agricultura	17912	3,28
Otras renovables	352541	53,84			
<b>TOTAL</b>	<b>654823</b>	<b>100,00</b>		<b>546431</b>	<b>100,00</b>

Se presume que la electricidad de las energías renovables en las centrales de cogeneración procede de la biomasa.

También han de contabilizarse las pérdidas que aparecen por los flujos de importación y exportación, y las que ocurren en las propias centrales. Se muestran a continuación dos tablas: una en la cual aparecen las pérdidas según motivo y otra en que se calculan según su fuente de energía.

TABLA A4.9. Pérdidas en la producción de electricidad. Fuente: elaboración propia desde Boletín de Coyuntura Energética de Aragón nº 31

PÉRDIDAS (tep)	
Exportación	-54450
Consumo Energético	-38463
Otras pérdidas	-15479
<b>TOTAL</b>	<b>-108392</b>

TABLA A4.10. Pérdidas según fuente de energía. Fuente: elaboración propia desde Boletín de Coyuntura Energética de Aragón nº 31.

<b>PÉRDIDAS por fuente de energía (tep)</b>	
<b>Biomasa</b>	-10421,66
<b>Gas Natural Cogeneración</b>	-25963,39
<b>Gas Convencional</b>	-13524,52
<b>Petróleo</b>	-123,62
<b>Hidroeléctrica</b>	-7787,23
<b>Eólica y otras</b>	-50571,58
<b>TOTAL</b>	-108392

Finalmente, tras los cálculos previos realizados, puede procederse al cálculo del consumo por sectores de cada una de las fuentes de energía primaria. Para ello han de recogerse los siguientes valores:

- Las cantidades de energía primaria que se consumen de manera directa (tablas A4.1, A4.2, A4.3).
- El consumo de cada sector de electricidad y calor: se multiplica el porcentaje de consumo de cada sector de ambas variables, por la producción de los flujos energéticos de electricidad y calor de cada una de las diferentes fuentes de energía. Se dividen los resultados por el rendimiento de la central correspondiente, salvo en el caso de las energías renovables cuya energía no se obtiene en las centrales. (Tablas A4.7, A4.8)
- Se suma también la componente de pérdidas asociada a cada energía primaria en cada sector, multiplicado las pérdidas por fuente por el porcentaje consumido de cada fuente en los sectores.

En las posteriores tablas se recogen los consumos por sectores según fuente de energía primaria de los años de estudio 2017 y 2018.

TABLA A4.11. Consumo energético de la alimentación. Fuente: elaboración propia

<b>CONSUMO ENERGÉTICO DE LA COMPONENTE DE ALIMENTACIÓN (TEP)</b>		
<b>Fuente de energía</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
<b>Hidroeléctrica</b>	1669,482	5613,751
<b>Eólica</b>	9186,147	13524,167
<b>Otras</b>	439,754	967,034
<b>Biomasa</b>	2436,548	1891,875
<b>Gas Natural</b>	62258,999	8248,912
<b>Petróleo</b>	148212,722	144659,441

TABLA A4.12. Consumo energético de los bienes de consumo. Fuente: elaboración propia

<b>CONSUMO ENERGÉTICO DE LA COMPONENTE DE BIENES DE CONSUMO (TEP)</b>		
<b>Fuente de energía</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
Hidroeléctrica	50974,467	150225,465
Eólica	299206,705	366614,722
Otras	14323,439	26214,462
Biomasa	35056,663	31734,036
Gas Natural	1320254,727	571846,440
Petróleo	48212,834	47657,419

TABLA A4.13. Consumo energético de la vivienda y servicios. Fuente: elaboración propia

<b>CONSUMO ENERGÉTICO DE LA COMPONENTE DE VIVIENDA Y SERVICIOS (TEP)</b>		
<b>Fuente de energía</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
Hidroeléctrica	31461,435	68560,142
Eólica	179413,549	164033,586
Otras	8588,775	11729,077
Biomasa	32680,648	27665,895
Gas Natural	973243,420	282574,634
Petróleo	19588,436	20122,164

TABLA A4.14. Consumo energético de la movilidad y el transporte. Fuente: elaboración propia

<b>CONSUMO ENERGÉTICO DE LA COMPONENTE DE MOVILIDAD Y TRANSPORTE (TEP)</b>		
<b>Fuente de energía</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
Hidroeléctrica	6216,154	7394,142
Eólica	36543,611	17547,085
Otras	1749,393	1254,689
Biomasa	4156,496	3561,123
Gas Natural	100250,944	11275,362
Petróleo	732094,303	740027,241

## ANEXO V. MÉTODOS DE CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA

### A5.1. MÉTODO COMPUESTO

Esta metodología, utilizada para los cálculos de huella ecológica en países, fue propuesto por Mathis Wackernagel en 1996. Al calcularse la huella a nivel estatal, los consumos se determinan con estadísticas comerciales de producción, importación y exportación, y los datos acerca de consumo energético son nacionales. Las productividades utilizadas son obtenidas de estadísticas medias mundiales.

El primer paso en este método es el **cálculo de la huella de cada uno de los recursos bióticos**, estos son los bienes biológicos que el ser humano extrae del medio natural. Cada recurso biótico influye en la explotación de una tierra productiva (tierra de cultivos, de pastos, de bosque o de mar). Los datos de consumo de los recursos se obtienen de estadísticas o, en su defecto, se obtendrá a partir de los datos de producción, importación y exportación:

$$Consumo_i = Producción_i + Importación_i - Exportación_i \quad [Ec. A5.1]$$

Donde  $i$  es el recurso biótico.

El consumo por habitante de la población de estudio se calculará dividiendo el resultado obtenido anteriormente, entre el número de habitantes en la población:

$$Consumo_i \left( \frac{kg}{cap} \right) = \frac{Producción_i + Importación_i - Exportación_i}{n^o \text{ habitantes población}} \quad [Ec. A5.2]$$

Donde  $i$  es el recurso biótico.

Para obtener el valor de huella ecológica, se necesita transformar el valor previo en superficie per cápita, y esto se consigue dividiéndolo por la productividad media mundial:

$$HE_i \left( \frac{ha}{cap} \right) = \frac{Consumo_i \left( \frac{kg}{cap} \right)}{Productividad \text{ media mundial}_i \left( \frac{kg}{ha} \right)} \quad [Ec. A5.3]$$

Donde  $i$  es el recurso biótico.

La huella global de todos los recursos considerados es la suma de todas las superficies:

$$HE \left( \frac{ha}{cap} \right) = \sum Consumo_i \quad [Ec. A5.4]$$

Donde  $i$  es cada recurso biótico.

El segundo paso en este método es el **cálculo de la huella de la energía**, es decir, la asociada al consumo energético. Esta huella se define como la superficie de bosque necesaria para la absorción de las emisiones de dióxido de carbono derivadas del consumo de energía.

Los datos de estos consumos se obtienen de estadísticas nacionales y se necesitan en gigajulios. No obstante, no solo se precisan los consumos, sino también la energía asociada al flujo de importaciones, ya que los recursos consumidos por la población de estudio no son necesariamente producidos en la superficie ocupada por esta.

Para transformar estas cantidades, como ya se ha nombrado obtenidas en magnitud de gigajulios, en unidades de huella ecológica (ha), se utilizan los factores energía-tierra, los cuales están detallados en la Tabla A3.7 y Tabla A3.8 del *Anexo III*.

Finalmente, el paso conclusivo en esta metodología es el **cálculo del valor final de la huella**, lo cual se obtiene sumando ambos valores obtenidos: la huella ecológica de todos los recursos bióticos y la huella energética. A esto se le añade las hectáreas per cápita de terreno construido, es decir, la superficie en hectáreas de infraestructuras utilizadas por la población entre el número de habitantes.

## **A5.2. MÉTODO BASADO EN COMPONENTES**

El procedimiento para este cálculo fue planteado por la ONG *Best Foot Forward*, y desarrollado por Chambers en 2002. Este método, por ser más específico, se aplica para poblaciones más pequeñas y los resultados son más precisos para el grupo de estudio.

El primer paso es el estudio de la población y sus actividades principales, para las que se calculará la huella ecológica. Una vez determinadas, se engloban en las diferentes componentes de la huella ecológica, que estarán a su vez divididas en subgrupos que recogen los diversos recursos consumidos por la población.

Un ejemplo es el caso de la componente de bienes de consumo, que engloba los productos que satisfacen las necesidades de las personas de manera directa. Sin embargo, estos tienen distintas procedencias y afectan a diferentes tipos de tierra, por lo que se tendrá un grupo de bienes derivados de plantas (fibras, tabaco, madera, etc.) que afectan a cultivos o bosques, otro grupo de bienes derivados de animales (lana, pieles, calzado, etc.) que afectan a pastos, grupos de productos químicos, metálicos, etc.

Para el cálculo de la huella con este método, los consumos determinados en magnitudes de masa han de transformarse a unidades de superficie (ha). Esto se consigue a través de las productividades locales, y para el cálculo a nivel mundial se multiplicarán los resultados por los

factores de equivalencia. La huella ecológica total consistirá en la suma de todas las componentes.

En este trabajo el método usado es una combinación de los dos explicados anteriormente, cuya determinación se realizó de acuerdo con los trabajos previos de la huella ecológica de la ciudad de Zaragoza. Así, el método compuesto se aplica a cada una de las componentes de la huella ecológica de Zaragoza, en las que se utilizan los datos locales, provinciales o nacionales según la disponibilidad de estos. El consumo se transformará a unidades de superficie mediante productividades locales y, en caso de no disponer de tal dato, se aproximarán por las provinciales o mundiales.

## ANEXO VI. CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE LA ALIMENTACIÓN

En este apartado se explica la aplicación del método de cálculo de huella ecológica para la alimentación. Como se ha mencionado en el punto anterior, se realiza su cálculo tanto a nivel local y mundial. Para ambas opciones es necesario disponer de los datos de producción (ton), importación (ton), exportación (ton) y productividad (kg/ha). Las fuentes donde encontrar estos datos se recogen en el apartado 4.1.1. *Tierras de uso directo de la alimentación*.

### A6.1. CONSIDERACIONES EN LA HUELLA ECOLÓGICA DE LA ALIMENTACIÓN

Pese a poder obtenerse todos los datos en las fuentes mencionadas en el apartado anterior, hay ocasiones en las que se puede cometer el error de contabilizar dos veces la misma tierra. Este es el caso, por ejemplo, de los cereales y los animales. Los animales de tipo bovino, ovino, caprino y equino hacen uso de la tierra de pastos, por lo que habrá que calcular su huella. Sin embargo, conejos, aves y ganado porcino hacen uso de la tierra de cultivos, cuya huella ya se encuentra recogida en la huella de las plantas. Se explican a continuación las especificaciones con respecto a los porcentajes de consumo de estos alimentos:

- La producción del 20% del trigo, el 70% de la cebada, el 95% del maíz, y toda la avena, sorgo y centeno son para consumo animal.
- El 80% del trigo restante se destina a alimentación humana, para la producción de pan, pasta y otros preparados. El 60% de este trigo se utiliza para elaboración de pan.
- El 30% de la cebada es utilizada para la producción de cerveza.
- El 5% del maíz se utiliza para consumo directo.
- El 50% de los despojos de carnes frescas y congeladas corresponden a animales que se alimentan de tierras de cultivo, por lo que su huella se incluye en la de las plantas. El otro 50% se considera de animales que necesitan alimentación de pastos y su huella se debe calcular.

### A6.2. HUELLA ECOLÓGICA CON PRODUCTIVIDADES LOCALES

Cuando se realice el cálculo mediante productividades locales, ha de tenerse en cuenta el valor de su consumo y su producción. Si el consumo resulta mayor que la producción, existe un flujo de importaciones, y se utilizará la siguiente ecuación:

$$HE_{i,j} = \frac{Producción_i}{Productividad\ local_i} + \frac{Consumo_i - Producción_i}{Productividad\ media\ mundial_i} \quad [Ec\ A6.1]$$



Donde  $i$  es cada alimento y  $j$  el tipo de tierra.

Si, de lo contrario, el consumo resulta menor que la producción, existe un flujo de exportaciones, y se utilizará la siguiente ecuación:

$$HE_{i,j} = \frac{Producción_i}{Productividad\ local_i} + \frac{Consumo_i - Producción_i}{Productividad\ local_i} \quad [Ec\ A6.2]$$

Donde  $i$  es cada alimento y  $j$  el tipo de tierra.

Finalmente, se suman las superficies por cada tipo de tierra, y todos los resultados se obtienen en ha/año. Sin embargo, el dato final se necesita en ha/año/cápita, por lo que ha de dividirse la magnitud entre el total de población de Zaragoza. Esta cifra se obtiene en el Instituto Aragonés de Estadística para cada año de estudio.

### A6.3. HUELLA ECOLÓGICA CON PRODUCTIVIDADES MUNDIALES

En el caso de calcular la huella ecológica a nivel mundial, la ecuación utilizada es la siguiente:

$$HE_{i,j} = \frac{Consumo_i}{Productividad\ media\ global_i} \quad [Ec\ A6.3]$$

Donde  $i$  es cada alimento y  $j$  el tipo de tierra.

Del mismo modo que en el apartado previo, la superficie total de cada uno de los tipos de tierra se obtiene sumando las superficies individuales de cada uno de los bienes asociadas al tipo de tierra. También será necesario dividir las entre el total de población de Zaragoza.

### A6.4. HUELLA ECOLÓGICA DE LA COMPONENTE ENERGÍA EN LA ALIMENTACIÓN

Una vez realizados los cálculos explicados en el *Anexo IV. Método de cálculo del consumo energético* para la componente de la alimentación se deben transformar los resultados a hectáreas, para ello se utilizan los factores energía-tierra, detallados en Tabla A3.7 y Tabla A3.8 del *Anexo III*. Las cifras obtenidas tienen magnitud de toneladas equivalentes de petróleo, por lo que se multiplican por el factor de conversión: 41,87 GJ/tep.

$$ha_j = \frac{Consumo\ Energía\ Primaria_j\ (GJ)}{Factor\ energía - tierra\ \left(\frac{GJ}{ha}\right)} \quad [Ec\ A6.4]$$

Donde  $j$  es cada fuente de energía primaria.

Al ser todos los datos obtenidos en los *Boletines de coyuntura energética en Aragón* a nivel provincial, los resultados necesitarán ser extrapolados al consumo local, lo cual se consigue multiplicándolos por la relación entre la superficie agrícola del municipio, obtenida en la página del *Observatorio municipal de estadística* de Zaragoza, y la superficie agrícola de la provincia,

encontrada en el documento *Superficies, producciones y destinos de la producción agraria*. Además, el dato final se necesita en ha/año/cápita, por lo que ha de dividirse la magnitud entre el total de población de Zaragoza.

$$ha_{energía_j} \left( \frac{ha}{cap} \right) = ha_j * \frac{Superficie Agrícola municipio}{Superficie Agrícola provincia} * \frac{1}{población Zaragoza} [Ec A6.5]$$

Donde j es cada fuente de energía primaria.

Finalmente, la suma de todas las componentes de huella de las diferentes energías primarias, junto con la asociada al flujo de importaciones, da el valor total de la huella de la energía.

$$ha_{energía_j} \left( \frac{ha}{cap} \right) = \Sigma ha_{energía_j} \left( \frac{ha}{cap} \right) [Ec A6.6]$$

Donde j es cada componente de la huella de la energía.

## A6.5. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en este trabajo corresponden a la huella ecológica de los años 2017 y 2018, se recogen a continuación unas tablas que resumen los datos finales del cálculo correspondiente a la alimentación.

TABLA A6.1. Huella ecológica de la alimentación para cada tipo de tierra en el año 2017. Fuente: elaboración propia

2017	Superficie local (ha)	HE local (ha/cap)	Superficie media global (ha)	HE mundial (ha/cap)
<b>Cultivos</b>	310663,19	0,467206	634187,2343	0,953754
<b>Pastos</b>	822594,66	1,237100	373316,2483	0,561430
<b>Mar</b>	700513,12	1,053501	252184,7223	0,379261
<b>Energía</b>	9120,89	0,013720	12495,63129	0,018792
<b>TOTAL</b>		<b>2,771524</b>		<b>1,913236</b>

TABLA A6.2. Huella ecológica de la alimentación para cada tipo de tierra en el año 2018. Fuente: elaboración propia

2018	Superficie local (ha)	HE local (ha/cap)	Superficie media global (ha)	HE mundial (ha/cap)
<b>Cultivos</b>	299061,18	0,448448	654422,8647	0,981320
<b>Pastos</b>	790036,50	1,184676	354265,8985	0,531229
<b>Mar</b>	866991,35	1,300071	312116,8861	0,468026
<b>Energía</b>	80012,67	0,119980	109617,3598	0,164373
<b>TOTAL</b>		<b>3,053175</b>		<b>2,144948</b>

TABLA A6.3. Componente energética de la huella ecológica de la alimentación en 2017. Fuente: elaboración propia

2017	Consumo (GJ)	Factor Energía - tierra (GJ/ha)	HE (ha)	HE local (ha/cap)
Gas natural	2.606.784,30	93	28.029,94	0,002548
Petróleo	6.205.666,68	71	87.403,76	0,007946
Carbón	0,00	53	0,00	0,000000
Hidroeléctrica	69.901,23	1000	69,90	0,000006
Eólica	384.623,96	60000	6,41	0,000001
Fotovoltaica	18.412,48	1500	12,27	0,000001
Biomasa	102.018,26	-	-	0,000000
Energía neta importación	2.546.455,25	72	35.367,43	0,003215
<b>TOTAL</b>	<b>11.933.862,17</b>			<b>0,01372</b>

TABLA A6.4. Componente energética de la huella ecológica de la alimentación en 2018. Fuente: elaboración propia

2018	Consumo (GJ)	Factor Energía - tierra (GJ/ha)	HE (ha)	HE (ha/cap)
Gas natural	345.381,93	93	3.713,78	0,000337
Petróleo	6.056.890,79	71	85.308,32	0,007735
Carbón	0,00	53	0,00	0,000000
Hidroeléctrica	235.047,77	1000	235,05	0,000021
Eólica	566.256,88	60000	9,44	0,000001
Fotovoltaica	40.489,70	1500	26,99	0,000002
Biomasa	79.212,79	-	-	0,000000
Energía neta importación	5.372.166,60	72	74.613,43	0,111884
<b>TOTAL</b>	<b>12.695.446,46</b>			<b>0,11998</b>

A continuación, se muestra una comparativa general de la huella de ambos años con los estudiados más recientemente, 2015, por Cristina Larraga en su Trabajo de Fin de Grado (2018) y 2016, por Lara Somalo en su Trabajo de Fin de Grado (2019).

TABLA A6.5. Huellas ecológicas de alimentación de cada tipo de tierra mediante productividades locales. Fuente: elaboración propia

HUELLA ECOLÓGICA LOCAL (ha/cap)			
	CULTIVOS	PASTOS	MAR
<b>2015</b>	0,4201	1,5594	0,8825
<b>2016</b>	0,4505	1,5251	0,9562
<b>2017</b>	0,4672	1,2371	1,0535
<b>2018</b>	0,4484	1,1846	1,3000

TABLA A6.6. Huellas ecológicas de alimentación de cada tipo de tierra mediante productividades mundiales. Fuente: elaboración propia

HUELLA ECOLÓGICA MUNDIAL (ha/cap)			
	CULTIVOS	PASTOS	MAR
<b>2015</b>	0,9481	0,7465	0,3177
<b>2016</b>	1,318	0,7709	0,3442
<b>2017</b>	0,9537	0,5614	0,3792
<b>2018</b>	0,9813	0,4680	0,4680

TABLA A6.7. Huella de alimentación de cada fuente de energía con productividades locales. Fuente: elaboración propia

Fuente de energía	2015	2016	2017	2018
<b>Hidroeléctrica</b>	0,000010	0,0000100	0,000010	0,000021
<b>Eólica</b>	0,000001	0,0000004	0,000001	0,000001
<b>Otras</b>	0,000002	0,0000001	0,000001	0,000002
<b>Biomasa</b>	0,000000	0,0000000	0,000000	0,000000
<b>Gas natural</b>	0,000443	0,0002300	0,002548	0,000337
<b>Petróleo</b>	0,006033	0,0002200	0,007946	0,007735
<b>Flujo de importaciones</b>	0,035403	-0,0692600	0,003215	0,060067
<b>TOTAL</b>	0,041890	-0,6880000	0,013720	0,068160

TABLA A6.8. Huella de alimentación de cada fuente de energía, productividades mundiales. Fuente: elaboración propia

Fuente de energía	2015	2016	2017	2018
<b>Hidroeléctrica</b>	0,000014	0,0000100	0,000009	0,000029
<b>Eólica</b>	0,000001	0,0000004	0,000001	0,000001
<b>Otras</b>	0,000002	0,0000001	0,000002	0,000003
<b>Biomasa</b>	0,000000	0,0000000	0,000000	0,000000
<b>Gas natural</b>	0,000607	0,0001800	0,003491	0,000461
<b>Petróleo</b>	0,008265	0,0001800	0,010885	0,010597
<b>Flujo de importaciones</b>	0,048502	-0,1035300	0,004405	0,082292
<b>TOTAL</b>	0,057390	-0,1031600	0,018792	0,093238

## **ANEXO VII. CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE LOS BIENES DE CONSUMO**

En este apartado se explica la aplicación del método de cálculo de huella ecológica para la componente de los bienes de consumo. Como se ha mencionado en el punto anterior, se realiza su cálculo tanto a nivel local como a nivel mundial. Para ambas opciones es necesario disponer de los datos de producción (ton), importación (ton), exportación (ton) y productividad (kg/ha). Las fuentes donde encontrar estos datos se recogen en los apartados *4.2.1. Tierras de uso directo de los bienes de consumo* y *4.2.2. Consideraciones en la huella ecológica de los bienes de consumo*.

### **A7.1. CONSIDERACIONES EN LA HUELLA ECOLÓGICA DE LOS BIENES DE CONSUMO**

Dada la indisponibilidad de muchos datos en el cálculo de esta componente de la huella, resultan necesarias las siguientes estimaciones para su correcto cálculo:

- a. El 70% de los tejidos y prendas de punto se consideran fabricadas con fibras, un 35% con tejidos sintéticos y el otro 35% con fibras naturales. El 30% restante del total de tejidos y prendas se supone elaborado con lana.
- b. Para otras prendas y complementos, así como para la componente “otros tejidos”, se considera que la mitad se hacen con fibras naturales y el resto con fibras vegetales.
- c. Las pieles y sus manufacturas provienen de animales de categoría ovina y bovina, que hacen uso de la tierra de pastos, y no se consideran criados con el propósito de generar pieles, por lo que su huella ya ha sido contabilizada en el apartado de alimentación. Sin embargo, la lana sí es considerada en los bienes de consumo, ya que supone que hay ganadería de tipo ovino que tiene por objeto la producción de lana.
- d. El dato obtenido para el consumo de madera por persona se ha estimado igual para la ciudad de Zaragoza que la cifra media de consumo en España, esto se debe a la imposibilidad de encontrar datos a nivel local, provincial o autonómico.
- e. Al dato de producción de madera se le suman 20000 m<sup>3</sup> de madera destinada a trituración y proveniente de tratamientos silvícolas no incluidos. Esta consideración ha sido tomada respecto a los anteriores trabajos de huella ecológica.
- f. La densidad de la madera se admite con valor 650 kg/m<sup>3</sup> como se ha reflejado en los anteriores proyectos. Este dato se requiere porque muchas de las estadísticas consultadas se dan en metros cúbicos para la madera o el papel.

## A7.2. HUELLA ECOLÓGICA CON PRODUCTIVIDADES LOCALES

Cuando se realice el cálculo mediante productividades locales se utilizará la siguiente ecuación:

$$HE_{i,j} = \frac{Producción_i}{Productividad\ local_i} + \frac{Importación_i}{Productividad\ mundial_i} - \frac{Exportación}{Productividad\ local_i} \quad [Ec\ A7.1]$$

Donde i es cada uno de los bienes de consumo y j el tipo de tierra.

Así se obtendrán las hectáreas de tierra bioproductiva equivalente.

La superficie total necesaria de cada uno de los tipos de tierra resulta de sumar las superficies individuales de cada uno de los bienes asociadas al tipo de tierra, y todos los resultados se obtienen en ha/año. Como el dato final se necesita en ha/año/cápita, debe dividirse la magnitud entre el total de población de Zaragoza. Esta cifra se obtiene en el Instituto Aragonés de Estadística para cada año de estudio.

## A7.3. HUELLA ECOLÓGICA CON PRODUCTIVIDADES MUNDIALES

En el caso de calcular la huella ecológica a nivel mundial, la ecuación utilizada es la siguiente:

$$HE_{i,j} = \frac{Consumo_i}{Productividad\ media\ global_i} \quad [Ec\ A7.2]$$

Donde i es cada alimento y j el tipo de tierra.

Igual que en el apartado anterior, la superficie total de los tipos de tierra se obtiene sumando las superficies individuales de cada uno de los bienes asociadas a ese tipo de tierra. También se dividen entre el total de población de Zaragoza para obtener el resultado en ha/año/cap.

## A7.4. HUELLA ECOLÓGICA DE LA TIERRA DE CONSTRUCCIÓN

Para la componente de los bienes de consumo en la huella ecológica sí se ha considerado la huella que afecta a la tierra de la construcción, ya que no se considera despreciable como ocurría en el caso de la alimentación. Se ha decidido utilizar como valor aproximado de la superficie de las infraestructuras el dato de la superficie industrial de Zaragoza, es decir, la superficie ocupada por los polígonos en la ciudad. Los datos sobre área industrial se encuentran recogidos en la base de datos del IAF y se muestran a continuación para ambos años de estudio.

TABLA A7.1. Superficie Industrial de Zaragoza. Fuente: elaboración propia desde IAF.

AÑO	Población	Total (m <sup>2</sup> )	Parcelas (m <sup>2</sup> )	Ocupada (m <sup>2</sup> )	Libre (m <sup>2</sup> )
2017	Zaragoza municipio	33230962	17108673	11298220	5715473
	Zaragoza provincia	79948168	44615376	28445691	11981765
2018	Zaragoza municipio	41230962	21108673	12184220	8804473
	Zaragoza provincia	89614379	50440369	36850929	19476640

En los diferentes trabajos de huella ecológica se encuentran discrepancias a la hora de considerar el área industrial a utilizar en los cálculos. Existen dos vertientes, la primera considera que la superficie a elegir debe ser solo la superficie ocupada, mientras que la segunda estipula que sea la superficie total. En este caso se ha decidido optar por la segunda alternativa y utilizar la superficie total del municipio por dos motivos: se considera que, pese a que una fracción de la superficie este libre, la superficie total tiene como objetivo la explotación industrial y no se utiliza para otros usos. Por otra parte, en los trabajos sobre la huella ecológica más recientes, de 2010 a 2015, por Cristina Larraga en su Trabajo de Fin de Grado (2018) y de 2005, 2006, 2008 y 2016, por Lara Somalo en su Trabajo de Fin de Grado (2019), se tomó la misma consideración por lo que es la mejor opción para otorgar la comparabilidad buscada.

El dato para calcular la huella ecológica se convertirá a hectáreas y se dividirá por la población del municipio para obtenerlo en ha/año/cap.

#### **A7.5. HUELLA ECOLÓGICA DE LA COMPONENTE ENERGÍA EN LOS BIENES DE CONSUMO**

Una vez realizados los cálculos explicados en el *Anexo IV. Método de cálculo del consumo energético* para los bienes de consumo, se deben transformar los resultados a hectáreas, para ello se utilizan los factores energía-tierra, detallados en la Tabla A3.7 y Tabla A3.8 del *Anexo III*. Las cifras obtenidas tienen magnitud de toneladas equivalentes de petróleo, por lo que se multiplican por el factor de conversión: 41,87 GJ/tep.

$$ha_j = \frac{\text{Consumo Energía Primaria}_j \text{ (GJ)}}{\text{Factor energía – tierra} \left( \frac{\text{GJ}}{\text{ha}} \right)} \quad [\text{Ec A7.3}]$$

Donde j es cada fuente de energía primaria.

Al ser todos los datos obtenidos a nivel provincial (fuente: *Boletines de coyuntura energética en Aragón*), los resultados deben ser extrapolados al consumo local, lo cual se consigue multiplicándolos por la relación entre la superficie industrial del municipio y la superficie industrial de la provincia, detalladas en el punto previo. Además, el dato final se necesita en ha/año/cápita, por lo que ha de dividirse la magnitud entre el total de población de Zaragoza.

$$ha_{\text{energía}_j} \left( \frac{\text{ha}}{\text{cap}} \right) = ha_j * \frac{\text{Superficie Industrial municipio}}{\text{Superficie Industrial provincia}} * \frac{1}{\text{población Zaragoza}} \quad [\text{Ec A7.4}]$$

Donde j es cada fuente de energía primaria.

Finalmente, la suma de todas las componentes de huella de las diferentes energías primarias, junto con la asociada al flujo de importaciones, da el valor total de la huella de la energía.

$$ha_{energía_j} \left( \frac{ha}{cap} \right) = \sum ha_{energía_j} \left( \frac{ha}{cap} \right) \quad [Ec A7.5]$$

Donde j es cada componente de la huella de la energía.

## A7.6. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en este trabajo corresponden a la huella ecológica de los años 2017 y 2018, se recogen a continuación unas tablas que resumen los datos finales del cálculo correspondiente a los bienes de consumo.

TABLA A7.2. Huella ecológica de los bienes de consumo para cada tipo de tierra en 2017. Fuente: elaboración propia

2017	Superficie local (ha)	HE local (ha/cap)	Superficie media global (ha)	HE mundial (ha/cap)
<b>CULTIVOS</b>	29803,17	0,044820	64970,91	0,097709
<b>PASTOS</b>	160763,56	0,241772	78774,14	0,118468
<b>MAR</b>	0	0	0	0
<b>BOSQUE</b>	248879,09	0,374289	340964,35	0,512776
<b>CONSTRUIDA</b>	3323,09	0,004997	3323,09	0,010894
<b>ENERGÍA</b>	295221,17	0,4440	404453,01	0,608256

TABLA A7.3. Huella ecológica de los bienes de consumo para cada tipo de tierra en 2018. Fuente: elaboración propia

2018	Superficie local (ha)	HE local (ha/cap)	Superficie media global (ha)	HE mundial (ha/cap)
<b>CULTIVOS</b>	22239,66	0,033348	48482,48	0,072700
<b>PASTOS</b>	172816,39	0,259141	84680,03	0,126979
<b>MAR</b>	0	0	0	0
<b>BOSQUE</b>	256903,56	0,385232	351957,88	0,527767
<b>CONSTRUIDA</b>	4123,09	0,006182	4123,09	0,013478
<b>ENERGÍA</b>	122769,85	0,1841	168194,70	0,252211

TABLA A7.4. Componente energética de la huella ecológica de bienes de consumo en 2017. Fuente: elaboración propia

2017	Consumo (GJ)	Factor Energía - tierra (GJ/ha)	HE (ha)	HE local (ha/cap)
<b>Gas natural</b>	55.279.065,43	93	594.398,55	0,388677
<b>Petróleo</b>	2.018.671,34	71	28.431,99	0,026659
<b>Carbón</b>	0,00	53	0,00	0,000000
<b>Hidroeléctrica</b>	2.134.300,92	1000	2.134,30	0,002001
<b>Eólica</b>	12.527.784,72	12500	1.002,22	0,000940
<b>Fotovoltaica</b>	599.722,40	1500	399,81	0,000375
<b>Biomasa</b>	1.467.822,50	-	-	0,000000
<b>Energía neta importación</b>	1.918.035,15	71	27.014,58	0,025330
<b>TOTAL</b>	75.945.402,45		653.381,46	0,443983



TABLA A7.5. Componente energética de la huella ecológica de bienes de consumo, 2018. Fuente: elaboración propia

2018	Consumo (GJ)	Factor Energía - tierra (GJ/ha)	HE (ha)	HE local (ha/cap)
Gas natural	23.943.210,45	93	257.453,88	0,263119
Petróleo	1.995.416,13	71	28.104,45	0,028723
Carbón	0,00	53	0,00	0,000000
Hidroeléctrica	6.289.940,22	1000	6.289,94	0,006428
Eólica	15.350.158,41	12500	1.228,01	0,001255
Fotovoltaica	1.097.599,52	1500	731,73	0,000748
Biomasa	1.328.704,10	-	-	0,000000
Energía neta importación	-8.070.992,72	71	-113.675,95	-0,116177
<b>TOTAL</b>	<b>41.934.036,10</b>		<b>180.132,06</b>	<b>0,184096</b>

A continuación, se muestra una comparativa de la huella de ambos años con los estudiados más recientemente, 2015, por Cristina Larraga (2018) y 2016, por Lara Somalo (2019).

TABLA A7.6. Huellas ecológicas de los bienes de consumo de cada tipo de tierra mediante productividades locales. Fuente: elaboración propia

HUELLA ECOLÓGICA LOCAL (ha/cap)				
	CULTIVOS	PASTOS	BOSQUE	CONSTRUIDO
<b>2015</b>	0,02543	0,16100	0,46533	0,00499
<b>2016</b>	0,03627	0,11660	0,49200	0,00503
<b>2017</b>	0,04482	0,24177	0,37429	0,00499
<b>2018</b>	0,03335	0,25914	0,38523	0,00618

TABLA A7.7. Huellas ecológicas de los bienes de consumo de cada tipo de tierra mediante productividades mundiales. Fuente: elaboración propia

HUELLA ECOLÓGICA MUNDIAL (ha/cap)				
	CULTIVOS	PASTOS	MAR	CONSTRUIDO
<b>2015</b>	0,05366	0,07567	0,62820	0,01054
<b>2016</b>	0,07907	0,08148	0,67410	0,01110
<b>2017</b>	0,09771	0,11846	0,51277	0,01089
<b>2018</b>	0,07270	0,12697	0,52776	0,01347

TABLA A7.8. Huella de los bienes de consumo de cada fuente de energía con productividades locales. Fuente: elaboración propia

Fuente de energía	2015	2016	2017	2018
Hidroeléctrica	0,001746	0,038066	0,002001	0,006428
Eólica	0,000438	0,001057	0,000940	0,001255
Otras	0,000272	0,063036	0,000375	0,000748
Biomasa	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Gas natural	0,203183	0,233279	0,388677	0,263119
Petróleo	0,027951	0,027582	0,026659	0,028723
Flujo de importaciones	0,037831	-0,069777	0,025330	-0,116177
<b>TOTAL</b>	<b>0,271395</b>	<b>0,302700</b>	<b>0,443983</b>	<b>0,184096</b>

TABLA A7.9. Huella de los bienes de consumo de cada fuente de energía con productividades mundiales. Fuente: elaboración propia

Fuente de energía	2015	2016	2017	2018
Hidroeléctrica	0,002392	0,026476	0,002742	0,008807
Eólica	0,000601	0,007351	0,001287	0,001719
Otras	0,000373	0,043844	0,000514	0,001719
Biomasa	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Gas natural	0,278360	0,127878	0,532488	0,360473
Petróleo	0,038293	0,015134	0,036523	0,039350
Flujo de importaciones	0,051828	-0,038287	0,034703	-0,159163
TOTAL	0,366384	0,182400	0,608257	-0,252211

## ANEXO VIII. CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE LA VIVIENDA Y LOS SERVICIOS

### A8.1. TERRENO CONSTRUIDO PARA VIVIENDA Y SERVICIOS

Pese a incluir ambos grupos de infraestructuras en la misma componente, la forma de obtener la superficie de cada uno difiere notablemente.

Se va a tratar, en primer lugar, el terreno construido para el uso de viviendas. En los trabajos de huella ecológica pasados se han obtenido los datos de diversas fuentes: el *Observatorio Municipal de Estadística*, el *Plan General de Ordenación Urbana de Zaragoza* (PGOUZ), o el Instituto Aragonés de Fomento (IAF). Sin embargo, en ninguna de las anteriores fuentes mencionadas se pudieron obtener los datos para los años abarcados en este trabajo, 2017 y 2018.

Otra opción adoptada en previos estudios ha sido la de realizar una aproximación mediante una recta de regresión, la cual se calcularía con los datos ya obtenidos para otros años y podría estimarse, mediante la ecuación de esta recta, el crecimiento anual y los valores estimados para el resto de los años.

Esta última opción se barajó en inicio, sin embargo, pudo obtenerse finalmente el dato exacto de hectáreas de vivienda construidas en 2017 en Zaragoza, recogido en el documento *Construcción de edificios 2013-2017. Datos recogidos de las licencias de obra concedidas por los ayuntamientos*, el cual lo proporciona el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana de España (MITMA). El área total de nueva vivienda en 2017 fue de 40,9 ha.

Conocido el dato de hectáreas de vivienda existentes, que se recoge en el trabajo de huella ecológica de 2016 realizado por Lara Somalo, se tiene el área total de vivienda en 2017. Por su parte, el dato de 2018 no fue encontrado y se estimó que el crecimiento sería el mismo que para el año anterior. A continuación, se expone una tabla resumen de la superficie ocupada por la vivienda en los años de estudio y el año previo:

TABLA A8.1. Superficie ocupada por la vivienda en Zaragoza. Fuente: elaboración propia

AÑO	SUPERFICIE VIVIENDA (ha)
2016	4525,14
2017	4566,04
2018	4607,31

En segundo lugar, debemos determinar la superficie dedicada a los servicios en la ciudad de Zaragoza, la componente denominada servicios engloba las zonas verdes, los equipamientos

deportivos, las escuelas, los lugares de culto, etc. Estos datos se recogen en el *Plan General de Ordenación Urbana de Zaragoza* (PGOUZ), cuya última modificación se realizó en el año 2007, por lo que los datos se han mantenido constantes en todos los proyectos desde esa fecha. Por este motivo, las hectáreas utilizadas para servicios en ambos años de estudio son las mismas. Se detallan a continuación las variables consideradas y su magnitud.

TABLA A8.2. Superficie ocupada por los servicios en Zaragoza. Fuente: PGOUZ

SERVICIOS	SUPERFICIE OCUPADA (ha)
<b>Zonas verdes y espacios libres</b>	725,58
<b>Parques y espacios naturales</b>	269,66
<b>Riveras y espacios fluviales</b>	369,44
<b>Equipamientos</b>	589,73
<b>Deportivo</b>	299,00
<b>Enseñanza</b>	588,72
<b>Sanidad y salud</b>	57,00
<b>Asistencia y bienestar social</b>	61,65
<b>Cultural</b>	55,94
<b>Religioso</b>	34,70
<b>Espectáculos</b>	8,00
<b>Servicios públicos urbanos</b>	337,00
<b>Servicios de infraestructura</b>	108,00
<b>Depuradoras</b>	13,32
<b>Residuos y vertidos sólidos</b>	1.043,39
<b>Administración pública</b>	40,26
<b>Reserva</b>	109,00
<b>Comercio</b>	367,00
<b>Defensa</b>	577,93
<b>TOTAL</b>	5642,00

## A8.2. CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE LA VIVIENDA Y SERVICIOS

La huella ecológica de esta componente no ha de calcularse como las anteriores explicadas. Puesto que los datos obtenidos tanto para vivienda como para servicios se han dado en hectáreas desde un inicio, solo se necesita transformar estos datos para tener la huella ecológica en magnitud ha/año/cap. Para esto, se divide el total de hectáreas de cada una de las variables entre el total de población de Zaragoza.

Para obtener la componente de la energía, en primer lugar, se realizan los cálculos explicados en el *Anexo IV. Método de cálculo del consumo energético* para la vivienda y servicios. Estos resultados se deben transformar a hectáreas, para ello se utilizan los factores energía-tierra, detallados en la Tabla A3.7 y Tabla A3.8 del *Anexo III*. Las cifras obtenidas tienen magnitud de toneladas equivalentes de petróleo, por lo que se multiplican por el factor: 41,87 GJ/tep.

$$ha_j = \frac{\text{Consumo Energía Primaria}_j \text{ (GJ)}}{\text{Factor energía – tierra} \left( \frac{\text{GJ}}{\text{ha}} \right)} \quad [\text{Ec A8.1}]$$

Donde j es cada fuente de energía primaria.

Las cifras obtenidas en los *Boletines de coyuntura energética en Aragón* se dan a nivel provincial, por ello los resultados necesitarán ser extrapolados al consumo local, esto es posible con la estimación de que el 90% del consumo de la provincia corresponde al municipio de Zaragoza. Además, el dato final se necesita en ha/año/cápita, por lo que ha de dividirse la magnitud entre el total de población de Zaragoza.

$$ha_{energía_j} \left( \frac{\text{ha}}{\text{cap}} \right) = ha_j * 0,9 * \frac{1}{\text{población Zaragoza}} \quad [\text{Ec A8.2}]$$

Donde j es cada fuente de energía primaria.

Finalmente, la suma de todas las componentes de huella de las diferentes energías primarias da el valor total de la huella de la energía.

$$ha_{energía_j} \left( \frac{\text{ha}}{\text{cap}} \right) = \sum ha_{energía_j} \left( \frac{\text{ha}}{\text{cap}} \right) \quad [\text{Ec A8.3}]$$

Donde j es cada componente de la huella de la energía.

### A8.3. RESULTADOS

Los resultados que se muestran a continuación corresponden a la huella ecológica de los años 2017 y 2018, se presentan en tablas resumen los datos del cálculo para la vivienda y servicios.

TABLA A8.3. Huella ecológica de vivienda y servicios para cada tipo de tierra en 2017. Fuente: elaboración propia

2017	Superficie local (ha)	HE local (ha/cap)	Superficie media global (ha)	HE mundial (ha/cap)
<b>CONSTRUIDA VIVENDA</b>	4566,036	0,00676329	4566,036	0,01474396
<b>CONSTRUIDA SERVICIOS</b>	5.642,00	0,008485	5.642,00	0,01849731
<b>ENERGÍA</b>	283317,57	0,4261	388145,08	0,58373124

TABLA A8.4. Huella ecológica de vivienda y servicios para cada tipo de tierra en 2018. Fuente: elaboración propia

2018	Superficie local (ha)	HE local (ha/cap)	Superficie media global (ha)	HE mundial (ha/cap)
<b>CONSTRUIDA VIVENDA</b>	4607,31	0,006824415	4607,31	0,01487722
<b>CONSTRUIDA SERVICIOS</b>	5.642,00	0,008460296	5.642,00	0,01844344
<b>ENERGÍA</b>	128158,41	0,1922	175577,03	0,2632813

TABLA A8.5. Componente energética de la huella ecológica de vivienda y servicios en 2017. Fuente: elaboración propia

2017	Consumo (GJ)	Factor Energía - tierra (GJ/ha)	HE (ha)	HE local (ha/cap)
Gas natural	40.749.701,98	93	438.168,84	0,4135897
Petróleo	820.167,81	71	11.551,66	0,0109037
Carbón	0,00	53	0,00	0,0000000
Hidroeléctrica	1.317.290,28	1.000	1.317,29	0,0012434
Eólica	7.512.045,32	60.000	125,20	0,0001182
Fotovoltaica	359.612,01	1.500	239,74	0,0002263
Biomasa	1.368.338,75	-	-	0,0000000
<b>TOTAL</b>	<b>52.127.156,14</b>	<b>-</b>	<b>451.402,73</b>	<b>0,4260812</b>

TABLA A8.6. Componente energética de la huella ecológica de vivienda y servicios en 2018. Fuente: elaboración propia

2018	Consumo (GJ)	Factor Energía - tierra (GJ/ha)	HE (ha)	HE local (ha/cap)
Gas natural	11.831.399,93	93	127.219,35	0,1716912
Petróleo	842.515,00	71	11.866,41	0,0160145
Carbón	0,00	53	0,00	0,0000000
Hidroeléctrica	2.870.613,16	1.000	2.870,61	0,0038741
Eólica	6.868.086,26	60.000	114,47	0,0001545
Fotovoltaica	491.096,44	1.500	327,40	0,0004418
Biomasa	1.158.371,02	-	-	0,0000000
<b>TOTAL</b>	<b>24.062.081,81</b>	<b>-</b>	<b>142.398,24</b>	<b>0,1921761</b>

A continuación, se muestra una comparativa de la huella de ambos años con los estudiados más recientemente, 2015, por Cristina Larraga en su Trabajo de Fin de Grado (2018) y 2016, por Lara Somalo en su Trabajo de Fin de Grado (2019).

TABLA A8.7. Huellas ecológicas de la vivienda y servicios de cada tipo de tierra mediante productividades locales. Fuente: elaboración propia

HUELLA ECOLÓGICA LOCAL (ha/cap)			
	CONSTRUIDO	ENERGÍA	TOTAL
<b>2015</b>	0,0152312	0,135029	0,150259
<b>2016</b>	0,0145047	0,233200	0,247800
<b>2017</b>	0,0152483	0,426081	0,441329
<b>2018</b>	0,0152847	0,192176	0,207461

TABLA A8.8. Huellas ecológicas de la vivienda y servicios de cada tipo de tierra mediante productividades mundiales. Fuente: elaboración propia

HUELLA ECOLÓGICA MUNDIAL (ha/cap)			
	CONSTRUIDO	ENERGÍA	TOTAL
<b>2015</b>	0,0321379	0,1822880	0,214426
<b>2016</b>	0,0316203	0,3195523	0,351200
<b>2017</b>	0,0332412	0,5834210	0,616973
<b>2018</b>	0,0333207	0,2626760	0,296601

TABLA A8.9. Huella de la vivienda y servicios de cada fuente de energía con productividades locales. Fuente: elaboración propia

Fuente de energía	2015	2016	2017	2018
Hidroeléctrica	0,002468	0,05110	0,001243	0,003874
Eólica	0,000129	0,00300	0,000118	0,000155
Otras	0,000384	0,08460	0,000226	0,000442
Biomasa	0,000000	0,00000	0,000000	0,000000
Gas natural	0,122975	0,15950	0,413589	0,171691
Petróleo	0,010239	0,01970	0,010904	0,016014
<b>TOTAL</b>	<b>0,135029</b>	<b>0,23320</b>	<b>0,426081</b>	<b>0,192176</b>

TABLA A8.10. Huella de la vivienda y servicios de cada fuente de energía con productividades mundiales. Fuente: elaboración propia

Fuente de energía	2015	2016	2017	2018
Hidroeléctrica	0,003381	0,05110	0,0017035	0,005306
Eólica	0,000177	0,00300	0,0001619	0,000212
Otras	0,000527	0,08460	0,0003100	0,000605
Biomasa	0,000000	0,00000	0,0000000	0,000000
Gas natural	0,168475	0,12570	0,5666178	0,235217
Petróleo	0,014027	0,01550	0,0149380	0,021939
<b>TOTAL</b>	<b>0,182288</b>	<b>0,19530</b>	<b>0,5834210</b>	<b>0,262676</b>

## **ANEXO IX. CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE LA MOVILIDAD Y EL TRANSPORTE**

### **A9.1. TERRENO CONSTRUIDO PARA MOVILIDAD Y TRANSPORTE**

En esta sección se recogen dos grupos de los cuales se debe determinar su superficie, por un lado, existen las infraestructuras destinadas a terminales de transporte, y por otro las vías de comunicación.

En el primer caso, las instalaciones tenidas en cuenta han sido las estaciones de autobuses y trenes, el aeropuerto y otras construcciones. Los datos se obtienen del *Plan General de Ordenación Urbana de Zaragoza* (PGOUZ) del año 2007, por lo que su valor ha permanecido constante desde los anteriores trabajos de cálculo de la huella desde tal año.

En segundo lugar, las vías de comunicación consideradas son las calzadas, los carriles bus, las aceras, las vías del tranvía y los carriles bici:

- a. Las calzadas y aceras se consideran un 1,5% del término municipal, componiendo las calzadas el 60% de dicha superficie y las aceras el restante 40%. Estas aproximaciones se han determinado en base a los anteriores trabajos de cálculo de la huella ecológica.
- b. La superficie del municipio se ha determinado con datos de la Diputación de Zaragoza y es de 97380 ha.
- c. Los kilómetros de vía del tranvía no han sido modificados desde su construcción, y tiene un total de 13 km. El cálculo de su superficie se realiza mediante el producto de su longitud, por su anchura, por dos vías en todos los tramos.
- d. El carril bici tiene una longitud de 130 km, cuyo dato se ha encontrado en información turística proporcionada por el Ayuntamiento de Zaragoza. Su superficie se ha calculado multiplicando la longitud por dos metros de ancho, siendo esta la anchura mínima.
- e. La extensión del carril bus también se obtiene gracias al Ayuntamiento de Zaragoza. En este caso se ha encontrado una cifra de 9,32 km para el año 2017 y de 11,66 km para el año 2018. La superficie se calcula del mismo modo multiplicando la longitud por la anchura del carril bus, que es de tres metros.

A continuación, se recogen los valores de superficie obtenidos en una tabla.



TABLA A9.1. Superficie de las infraestructuras de movilidad y transporte. Fuente: elaboración propia desde Ayuntamiento de Zaragoza

	Superficie 2017 (ha)	Superficie 2018 (ha)
<b>Vías de comunicación</b>		
Calzadas	876,42	876,42
Carril bus	2,80	3,50
Aceras	584,28	584,28
Tranvía	9,10	9,10
Carril bici	26,00	26,00
<b>Infraestructuras</b>		
Estaciones tren y autobús	5,952	5,952
Aeropuerto	120,00	120,00
Otros	960,00	960,00
<b>TOTAL</b>	<b>2584,55</b>	<b>2585,25</b>

Dado que los datos obtenidos se han dado en hectáreas, solo se necesita transformar estos datos para tener la huella ecológica en magnitud ha/año/cap. Para esto, se divide el total de hectáreas de cada una de las variables entre el total de población de Zaragoza.

Para la huella de la energía, en primer lugar, se realizan los cálculos explicados en el *Anexo IV. Método de cálculo del consumo energético para el transporte*. Estos resultados se transforman a hectáreas mediante los factores energía-tierra, detallados en la Tabla A3.7 y Tabla A3.8 del *Anexo III*.

$$ha_j = \frac{\text{Consumo Energía Primaria}_j \text{ (GJ)}}{\text{Factor energía – tierra} \left( \frac{\text{GJ}}{\text{ha}} \right)} \quad [Ec \text{ A9.1}]$$

Donde j es cada fuente de energía primaria.

Los *Boletines de coyuntura energética en Aragón* ofrecen los datos provinciales, por ello los resultados necesitarán ser extrapolados a la localidad, lo cual se realiza aproximando que el 90% del combustible se consume en el municipio de Zaragoza. El dato final se divide entre el total de población de Zaragoza para obtenerla cifra en ha/año/cápita.

$$ha_{energía_j} \left( \frac{\text{ha}}{\text{cap}} \right) = ha_j * 0,9 * \frac{1}{\text{población Zaragoza}} \quad [Ec \text{ A9.2}]$$

Donde j es cada fuente de energía primaria.

La suma de todas las componentes de huella de las diferentes energías primarias dará el valor total de la huella de la energía.

$$ha_{energía_j} \left( \frac{\text{ha}}{\text{cap}} \right) = \sum ha_{energía_j} \left( \frac{\text{ha}}{\text{cap}} \right) \quad [Ec \text{ A9.3}]$$

Donde j es cada componente de la huella de la energía.

## A9.2. RESULTADOS

Los resultados que se muestran a continuación corresponden los años 2017 y 2018, se presentan tablas resumen con los datos finales del cálculo correspondiente a la movilidad y el transporte.

TABLA A9.2. Huella ecológica de movilidad y transporte para cada tipo de tierra en 2017. Fuente: elaboración propia

2017	Superficie local (ha)	HE local (ha/cap)	Superficie media global (ha)	HE mundial (ha/cap)
<b>Construida</b>	2584,55	0,0038869	2584,55	0,00847344
<b>Energía</b>	429478,652	0,64589	588385,753	0,88487311

TABLA A9.3. Huella ecológica de movilidad y transporte para cada tipo de tierra en 2018. Fuente: elaboración propia

2018	Superficie local (ha)	HE local (ha/cap)	Superficie media global (ha)	HE mundial (ha/cap)
<b>Construida</b>	2585,25	0,00387663	2585,25	0,00845106
<b>Energía</b>	397656,73	0,59629	544789,721	0,81692317

TABLA A9.4. Componente energética de la huella de la movilidad y el transporte en 2017. Fuente: elaboración propia

2017	Consumo (GJ)	Factor Energía - tierra (GJ/ha)	HE (ha)	HE local (ha/cap)
<b>Gas natural</b>	4.197.507,03	93	45.134,48	0,061090
<b>Petróleo</b>	30.652.788,47	71	431.729,42	0,584350
<b>Carbón</b>	0,00	53	0,00	0,000000
<b>Hidroeléctrica</b>	260.270,36	1.000	260,27	0,000352
<b>Eólica</b>	1.530.081,01	60.000	25,50	0,000035
<b>Fotovoltaica</b>	73.247,10	1.500	48,83	0,000066
<b>Biomasa</b>	174.032,49	-	-	0,000000
<b>TOTAL</b>	36.887.926,45	-	477.198,50	0,645893

TABLA A9.5. Componente energética de la huella de la movilidad y el transporte en 2018. Fuente: elaboración propia

2018	Consumo (GJ)	Factor Energía - tierra (GJ/ha)	HE (ha)	HE local (ha/cap)
<b>Gas natural</b>	472.099,41	93	5.076,34	0,00685
<b>Petróleo</b>	30.984.940,58	71	436.407,61	0,58896
<b>Carbón</b>	0,00	53	0,00	0,00000
<b>Hidroeléctrica</b>	309.592,72	1.000	309,59	0,00042
<b>Eólica</b>	734.696,45	60.000	12,24	0,00002
<b>Fotovoltaica</b>	52.533,82	1.500	35,02	0,00005
<b>Biomasa</b>	149.104,20	-	-	0,00000
<b>TOTAL</b>	32.702.967,17	-	441.840,81	0,59629

A continuación, se muestra compara la huella de ambos años con los estudiados más recientemente, 2015 y 2016, por Cristina Larraga y Lara Somalo en sus Trabajos de Fin de Grado.

TABLA A9.6. Huellas ecológicas de la movilidad y transporte de cada tipo de tierra mediante productividades locales. Fuente: elaboración propia

HUELLA ECOLÓGICA LOCAL (ha/cap)			
	CONSTRUIDO	ENERGÍA	TOTAL
<b>2015</b>	0,003769	0,613462	0,617232
<b>2016</b>	0,003800	0,613500	0,617300
<b>2017</b>	0,003886	0,645890	0,649779
<b>2018</b>	0,003887	0,596290	0,600171

TABLA A9.7. Huellas ecológicas de la movilidad y transporte de cada tipo de tierra mediante productividades mundiales. Fuente: elaboración propia

HUELLA ECOLÓGICA MUNDIAL (ha/cap)			
	CONSTRUIDO	ENERGÍA	TOTAL
<b>2015</b>	0,008218	0,840443	0,848662
<b>2016</b>	0,008300	0,840400	0,848700
<b>2017</b>	0,008473	0,884873	0,895211
<b>2018</b>	0,008451	0,816923	0,893346

TABLA A9.8. Huella de la movilidad y transporte de cada fuente de energía con productividades locales. Fuente: elaboración propia

Fuente de energía	2015	2016	2017	2018
<b>Hidroeléctrica</b>	0,000289	0,00611	0,000352	0,00042
<b>Eólica</b>	0,000015	0,00035	0,000035	0,00002
<b>Otras</b>	0,000045	0,01012	0,000066	0,00005
<b>Biomasa</b>	0,000000	0,00000	0,000000	0,00000
<b>Gas natural</b>	0,005591	0,00605	0,061090	0,00685
<b>Petróleo</b>	0,607521	0,59083	0,584350	0,58896
<b>TOTAL</b>	0,613462	0,61347	0,645893	0,59629

TABLA A9.10. Huella de la movilidad y transporte de cada fuente de energía con productividades mundiales. Fuente: elaboración propia

Fuente de energía	2015	2016	2017	2018
<b>Hidroeléctrica</b>	0,000395	0,00611	0,00048	0,00057
<b>Eólica</b>	0,000021	0,00035	0,00005	0,00002
<b>Otras</b>	0,000062	0,01012	0,00009	0,00006
<b>Biomasa</b>	0,000000	0,00000	0,00000	0,00000
<b>Gas natural</b>	0,007659	0,00477	0,08369	0,00939
<b>Petróleo</b>	0,832303	0,46610	0,80056	0,80688
<b>TOTAL</b>	0,840443	0,48745	0,88487	0,81692